

Rec'd PCT/PTO 27 JUN 2005

PCT/JP03/16015

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

15.12.03

#2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年12月27日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-381004  
[ST. 10/C]: [JP2002-381004]

REC'D 22 APR 2004	
WIPO	PCT

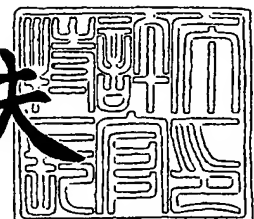
出 願 人  
Applicant(s): 日本板硝子株式会社  
株式会社 ナノスコープ

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3112547

【書類名】 特許願

【整理番号】 P02042

【提出日】 平成14年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/00

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内

    【氏名】 三宅 淳司

【発明者】

    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田浄菩提院町301番地 有限会社ナノスコープ内

    【氏名】 平岡 邦廣

【特許出願人】

    【識別番号】 000004008

    【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社

【特許出願人】

    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田浄菩提院町301番地

    【氏名又は名称】 有限会社ナノスコープ

【代理人】

    【識別番号】 100086645

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩佐 義幸

    【電話番号】 03-3861-9711

【選任した代理人】

    【識別番号】 100112553

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 中村 剛

    【電話番号】 03-3861-9711

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000435

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9113607

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 板状体の光学的歪みを評価する装置および方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明板状体が有する屈折力の不均一性によって透明板状体を透過する光が光学的に歪む量を評価する装置であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、

撮像装置を使って前記グリッドパターンを撮像する手段と、

前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、

前記グリッドパターンから前記撮像装置までの光路内を、前記透明板状体を支持して搬送する手段と、

前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、

前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、

前記画像処理手段は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みの屈折力を算出する手段とを有することを特徴とする光学的歪みを評価する装置。

【請求項 2】

光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性によって前記板状体で反射する光が光学的に歪む量を評価する装置であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、

撮像装置を使って前記グリッドパターンの反射像を撮像する手段と、  
前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、  
前記グリッドパターンからの光が前記光沢のある板状体で反射し前記撮像装置に入光するように、前記板状体を支持して搬送する手段と、  
前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、

前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、

前記画像処理手段は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、

各画素間の位相角度の差から反射光のずれ量を算出する手段とを有することを特徴とする光学的歪みを評価する装置。

### 【請求項 3】

前記  $X$  は、

$X = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数) であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学的歪みを評価する装置。

### 【請求項 4】

透明板状体が有する屈折力の不均一性によって透明板状体を透過する光が光学的に歪む量を評価する方法であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを撮像装置を使って撮像し、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめる工程と、

前記透明板状体を間に介して前記撮像装置によって撮像された前記グリッドパターンのグレー画像データを画像処理手段が処理する工程とを含み、

前記画像処理手段が処理する工程は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する工程と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める工程と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みの屈折力を算出する工程とを有することとを特徴とする光学的歪みを評価する方法。

【請求項 5】

光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性によって前記板状体で反射する光が光学的に歪む量を評価する方法であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンのある板状体における反射像を撮像装置を使って撮像し、前記グリッドパターンの反射象を前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめる工程と、

前記撮像装置によって撮像された前記グリッドパターンの反射象のグレー画像データを画像処理手段が処理する工程とを含み、

前記画像処理手段が処理する工程は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する工程と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める工程と、

各画素間の位相角度の差から反射光のずれ量を算出する工程とを有することを特徴とする光学的歪みを評価する方法。

【請求項 6】

前記 X は、

$X = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数)であることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の光学的歪みを評価する方法。

【請求項 7】

透明板状体の光学的歪みを有する欠点を検出する装置であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、

撮像装置を使って前記グリッドパターンを撮像する手段と、

前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、

前記グリッドパターンから前記撮像装置までの光路内を、前記透明板状体を支持して搬送する手段と、

前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、

前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、

前記画像処理手段は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する手段とを有することを特徴とする光学的歪みを有する欠点を検出する装置。

#### 【請求項 8】

光沢のある板状体の表面の光学的歪みを有する欠点を検出する装置であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、

撮像装置を使って前記グリッドパターンの反射像を撮像する手段と、

前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、

前記グリッドパターンからの光が前記光沢のある板状体で反射し前記撮像装置に入光するように、前記板状体を支持して搬送する手段と、

前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、

前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッド

に対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、

前記画像処理手段は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する手段とを有することを特徴とする光学的歪みを有する欠点を検出する装置。

【請求項 9】

前記 X は、

$X = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数) であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光学的歪みを有する欠点を検出する装置。

【請求項 10】

透明板状体の光学的歪みを有する欠点を検出する方法であって、

一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを撮像装置を使って撮像し、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめる工程と、

前記透明板状体を間に介して前記撮像装置によって撮像された前記グリッドパターンのグレー画像データを画像処理手段が処理する工程とを含み、

前記画像処理手段が処理する工程は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する工程と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める工程と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する工程とを有することを特徴とする光学的歪みを有する欠点を検出する方法。

【請求項 11】



光沢のある板状体の表面の光学的歪みを有する欠点を検出する方法であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンの前記光沢のある板状体における反射像を撮像装置を使って撮像し、前記グリッドパターンの反射象を前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$ 個のグリッドに対して  $X n \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめる工程と、

前記撮像装置によって撮像された前記グリッドパターンの反射象のグレー画像データを画像処理手段が処理する工程とを含み、

前記画像処理手段が処理する工程は、

前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する工程と、

前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める工程と、

各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する工程とを有することを特徴とする光学的歪みを有する欠点を検出する方法。

#### 【請求項 12】

前記 X は、

$X = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数)であることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の光学的歪みを有する欠点を検出する方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ガラス板等の透明板状体に存在する欠点による透過光の光学的歪み、あるいは光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性による反射光の光学的歪みを検出し、評価する装置および方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

透明板、例えばガラス板に存在する欠点には、表面に存在する凹凸、表面に落下した異物による欠点である落下異物、落下異物跡に存在するクレータ状の凹凸、内部に存在する異物、泡等がある。また、表面に透明膜が被覆されたガラス板

の場合、透明膜の欠点には、ピンホールなどがある。これら欠点が光学歪みを伴うと、光学歪みにより光が屈折する。このため、光学歪みを伴うガラス板等は、光学基板として欠陥品となり利用できないため検査により除く必要がある。

### 【0003】

特許文献1では、グリッドパターンをラインセンサカメラで撮像し焦点をグリッドパターン上から故意に外すことにより、明部と暗部の差が出ないようにして画像として灰色になるようにし、透明板状体が有する屈折力によって焦点位置が変化し結果として明部と暗部の差が出るようにして欠点を検出する方法が記載されている。しかしながら、この方法では、透明板状体が有する屈折力を定量的に例えばレンズパワーの単位：ディオプターで計測することはできない。

### 【0004】

これに対して、特許文献2では、グリッドパターンをラインセンサカメラで撮像するに当たり、グリッドに対応するCCDの数をグリッドの丁度整数倍にして光学的歪みを定量的に検出する方法が記載されている。しかしこの方法では、正確に整数倍にするためにピッチおよび幅が正確なグリッドと、テレセントリックレンズなどの視野角のどの位置でも各画素に対応するグリッドパターン上での幅が変化しないレンズを使う必要がある。

### 【0005】

#### 【特許文献1】

特開平8-220021号公報

#### 【特許文献2】

特表2001-502799号公報

### 【0006】

#### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、グリッドパターンとこれを撮像する画素との干渉によって発生するモアレ縞を用いる光学的歪みの評価装置および方法において、グリッドパターン像内の各グリッドのピッチおよび幅の高度な均一性を要求せずに精度の高い検出を行うことができる光学的歪みの評価装置および方法を提供することである。

## 【0007】

また、本発明の他の目的は、グリッドパターンとこれを撮像する画素との干渉によるモアレ縞を用いる光学的歪みの評価装置を、安価なシステム構成によって提供することである。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

そこで、本発明では、 $X = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数) とし、 $n$  および  $\alpha$  を 1 以上の整数とし、 $n$  個のグリッド (明部と暗部とのペア) に対して  $Xn \pm \alpha$  個の画素を対応させるようにした。

## 【0009】

具体的には、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが一方向に交互に繰り返されるグリッドパターンを、グリッドパターンの配列方向と同方向に複数の画素が配列されたラインセンサカメラを用いて撮像するに当たり、グリッドパターンに含まれる  $n$  個のグリッド (明部と暗部とのペア) に対して  $Xn \pm \alpha$  個の画素を対応させるようにした。ここにおいて、それぞれのグリッドについては、それぞれがおよそ  $X \pm \alpha / n$  個から成る画素のセットが順次対応する。

## 【0010】

また、 $Y = 4p$  ( $p$  は 1 以上の整数) とし、 $m$  および  $\beta$  を 1 以上の整数とし、明部と暗部とがチェッカー模様状に交互に繰り返されるグリッドパターンを、マトリックスカメラを用いて撮像するに当たり、グリッドパターンに含まれる横方向の  $n$  個のグリッド (明部と暗部とのペア) に対してマトリックスカメラの横方向の  $Xn \pm \alpha$  個の画素を対応させ、グリッドパターンに含まれる縦方向の  $m$  個のグリッド (明部と暗部とのペア) に対してマトリックスカメラの縦方向の  $Ym \pm \beta$  個の画素を対応させるようにした。ここにおいて、横方向のそれぞれのグリッドについては、それぞれがおよそ  $X \pm \alpha / n$  個から成る画素のセットが順次対応し、縦方向のそれぞれのグリッドについては、それぞれがおよそ  $Y \pm \beta / m$  個から成る画素のセットが順次対応する。

## 【0011】

このようにすることにより、CCD画素とグリッドとの対応関係がグリッド数

の整数倍に対して $\alpha$ 分（または／および $\beta$ 分）ずれた状態でもロジックとして歪み量が算出できるようにしておき、グリッドパターンやレンズの精度にムラがありずれ量が徐々に変化することにも対応が可能のようにすることにより、全体をより安価なシステムとして構築することができる。

#### 【0012】

具体的には、本発明は、透明板状体が有する屈折力の不均一性によって透明板状体を透過する光が光学的に歪む量を評価する装置であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、撮像装置を使って前記グリッドパターンを撮像する手段と、前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、前記グリッドパターンから前記撮像装置までの光路内を、前記透明板状体を支持して搬送する手段と、前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$ 個のグリッドに対して $Xn \pm \alpha$ 個のCCD画素を対応させることにより $\alpha$ 個のモアレ縞を生じせしめ、前記画像処理手段は、前記モアレ縞の画像データから $90^\circ$ 位相のずれたA相・B相の2種類の正弦波を演算する手段と、前記A相・B相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、各画素間の位相角度の差から光学的歪みの屈折力を算出する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0013】

また、本発明は、光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性によって前記板状体で反射する光が光学的に歪む量を評価する装置であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、撮像装置を使って前記グリッドパターンの反射像を撮像する手段と、前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、前記グリッドパターンからの光が前記光沢のある板状体で反射し前記撮像装置に入光するように、前記板状体を支持して搬送する手段と、前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$ 個のグリッドに対して $Xn \pm \alpha$ 個のCCD画素を対応させることにより $\alpha$ 個のモアレ縞を生じせしめ、前記画像処理手段は、前記モアレ縞の画像データか

ら  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、各画素間の位相角度の差から反射光のずれ量を算出する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0014】

そして、本発明は、透明板状体の光学的歪みを有する欠点を検出する装置であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、撮像装置を使って前記グリッドパターンを撮像する手段と、前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、前記グリッドパターンから前記撮像装置までの光路内を、前記透明板状体を支持して搬送する手段と、前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、前記画像処理手段は、前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類の正弦波を演算する手段と、前記 A 相・B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0015】

また、本発明は、光沢のある板状体の表面の光学的歪みを有する欠点を検出する装置であって、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とが配列されたグリッドパターンを照射する手段と、撮像装置を使って前記グリッドパターンの反射像を撮像する手段と、前記撮像装置からの信号をグレー画像データとして入力する手段と、前記グリッドパターンからの光が前記光沢のある板状体で反射し前記撮像装置に入光するように、前記板状体を支持して搬送する手段と、前記撮像装置から入力されたグレー画像データを処理する画像処理手段とを備え、前記グリッドパターンを前記撮像装置上に撮像するに当たり、 $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の CCD 画素を対応させることにより  $\alpha$  個のモアレ縞を生じせしめ、前記画像処理手段は、前記モアレ縞の画像データから  $90^\circ$  位相のずれた A 相・B 相の 2 種類

の正弦波を演算する手段と、前記A相・B相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求める手段と、各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0016】

さらに、上記装置の発明は、方法の発明としても成立する。また、上記発明は、評価装置やコンピュータに所定の機能を実現させるプログラムまたはそのプログラムを記録した記録媒体としても成立する。

#### 【0017】

なお、本明細書において、手段とは、単に物理的手段のみを意味するものではなく、その手段が有する機能をハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせによって実現する場合も含む。そして、1つの手段が有する機能が2つ以上のハードウェア、ソフトウェアまたはハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせにより実現されても、2つ以上の手段の機能が1つのハードウェア、ソフトウェアまたはハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせにより実現されても良い。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

#### 【0019】

まず、透明板状体を透過する光が光学的に歪む量を評価するために用いられる評価装置について説明する。図1は、本発明の評価装置を示す概略構成図であり、図2は、本発明の評価装置を示す斜視図である。図1、図2に示すように、この評価装置は、グリッドパターン2と撮像手段4と画像処理手段5と表示手段6とを備えている。グリッドパターン2は、一定ピッチ一定幅の明部と暗部とを一方方向に交互に繰り返す格子である。なお、グリッドパターン2はチェッカー模様状に複数の明部と暗部が交互に形成されるようにしてもよい。グリッドパターン2はシート状または板状であって、例えば矩形形状を有する。

#### 【0020】

グリッドパターン2は光源1を有している。光源1は、例えば蛍光灯を用いる

ことができる。光源 1 は、光を下方向からグリッドパターン 2 に照射する。光源としては蛍光灯のほかに、例えばハロゲンランプを光源とし、ハロゲンランプからの光をファイバにて導いたファイバ照明でもよい。また棒状の LED 照明を用いてもよい。また、グリッドパターン自体を照明で構成してもよい。短冊状の照明を多数並べて照明の間隔を照明の幅と同じにすることにより、複数の明部と暗部を交互に形成することも可能である。

#### 【0021】

グリッドパターン 2 の上方には、被検査対象物であるガラス板などの透明板状体 3 を搬送するための搬送手段 8（例えばローラ）が設けられている。この例では、ガラス板 3 の搬送方向がグリッドパターン 2 の配列方向と直交するようにグリッドパターン 2 と搬送手段 8 とが配置されている。

#### 【0022】

撮像手段 4 は 1 次元走査を繰り返すラインセンサであり、例えば CCD を使用するラインセンサカメラ 41 とレンズ 42 とから構成されている。撮像手段 4 は搬送される透明板状体 3 を挟んで光源 1 と対向する側に配置される。そして、ラインセンサカメラの走査線が透明板状体 3 の搬送方向と直交する方向になる（グリッドパターン 2 の配列方向と平行となる）よう、透明板状体 3 の上面に対して垂直な方向に取り付けられ、グリッドパターン 2 を透過した光を視野として取り込める様に配置される。また、ラインセンサカメラ 41 は、走査線に沿って直線的に配置された CCD 画素を備えている。なお、ラインセンサカメラの視野は決まっているので、被検査対象物の幅に合わせて、適宜設置台数を決めてもよい。

#### 【0023】

以上のような撮像手段 4 とグリッドパターン 2 との間を、ガラス板 3 は搬送手段 8 によって搬送される。搬送方向は矢印で示すように図 1 において右方向である。ラインセンサカメラ 41 からのモアレ縞の画像データ出力は、グレーデータとして画像処理手段 5 へ入力され、画像処理手段 5 では、モアレ縞の画像データより  $90^\circ$  位相のずれた A 相および B 相の 2 種類の正弦波を演算し、A 相および B 相の正弦波からリサージュ図形上の各画素における位相角度を求め、各画素間の位相角度の差から光学的歪みを有する欠点を検出し、光学的歪みの量を算出す

る。

#### 【0024】

画像処理手段5としては、例えばコンピュータを利用できる。ラインセンサの出力がアナログ信号の場合は、コンピュータにはデジタル信号に変換して取り込む必要があるので、画像処理手段5は、少なくともアナログ／デジタル変換機能を有する画像入力装置をさらに有することが要求される。ラインセンサカメラ41がデジタルカメラである場合には、アナログ／デジタル変換は不要である。

#### 【0025】

表示手段6は、CRT、液晶ディスプレイ等の表示装置によって実現される。表示手段6は、画像処理手段5からの出力を表示する。

#### 【0026】

次に、図面を参照して、本発明の評価装置の他の構成例を説明する。図3は、本発明の他の評価装置を示す概略構成図である。この図において、図1と共通する構成要素については同じ符号を付し詳細な説明を省略する。

#### 【0027】

図3に示す評価装置は、光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性を評価するために用いられるものである。上記の透明板状体を透過する光が光学的に歪む量を評価するための装置と異なる点は、光源1およびグリッドパターン2と、板状体3および搬送手段8と、撮像手段4との間の位置関係である。この例では、光源1によって照射されたグリッドパターン2の象が板状体3において反射し、このグリッドパターン2の反射象を撮像手段4が撮像するような位置関係に設定されている。

#### 【0028】

(CCD画素とグリッドとの対応)

次に、本発明の特徴の一つであるCCD画素とグリッドとの対応関係について説明する。なお、以下の説明においては、本発明におけるCCD画素とグリッドとの対応関係を分かりやすく説明するために、便宜上2段階に分けて説明する。ここで、図4は、CCD画素とグリッドとの対応関係を説明する図である。

#### 【0029】



## (第一段階)

まず、本発明においては、1組の透光部と遮光部とを1グリッドと定義する。そして、グリッドパターン2に含まれているいずれかの1グリッドを選択し、この1グリッドについて、X個のCCD画素を対応させる。ここで、本発明の特徴は、Xが4の整数倍であることである。したがって、 $X = 4p$  (pは1以上の整数)と表すことができる。なお、本発明において透光部と遮光部とは相対的な概念であり、透光部は高い光の透過率を有し、遮光部は透光部より低い透過率を有する。このような透光部と遮光部とは、例えば透明なガラス部分と黒塗りのガラス部分とで構成することができる。

## 【0030】

このように所定の1グリッドに対してX個のCCD画素を対応させることは、撮像手段4とグリッドパターン2との距離を調整することによって実現できる。すなわち、撮像手段4とグリッドパターン2との距離を小さくすれば、グリッドの光学像が拡大され、1グリッドに対応するCCD画素の数が増える。これとは反対に、撮像手段4とグリッドパターン2との距離を大きくすれば、1グリッドに対応するCCD画素の数が減る。このようにして撮像手段4とグリッドパターン2との距離を調整し、所望のX個のCCD画素が所定の1グリッドに対応するよう両者の位置関係を決定する。

## 【0031】

図4を用いてより具体的に説明する。なお、この図4においては、グリッドパターン2を固定とし、撮像手段4がグリッドパターン2に対向する方向に(図では上下に)可動するものとして説明する。まず、グリッドパターン2の中から任意の1グリッドを選択し、このグリッドを基準として対応するCCD画素の数を判断する。この基準となるグリッドは、幅とピッチの精度がよい部分であることが望ましい。図4に示されるように、撮像手段4が図中Aの位置にある場合には、グリッドパターン2内の基準となる1グリッドに対して画素列のうちの4個のCCD画素が対応している。この状態から撮像手段4を下降させ、グリッドパターン2に近付けると、1グリッドに対応するCCD画素の数が増えていく。そして、1グリッドに8個のCCD画素が対応する位置Bで撮像手段4の位置を

設定する。このようにすることにより、1つのグリッドに8個のCCD画素を対応させることができる。

#### 【0032】

また、1つのグリッドに12個のCCD画素を対応させる場合には、同様にして撮像手段4をさらに下降させ、撮像手段4の位置Cを設定する。なお、この図においては、便宜上撮像手段4を可動とし、グリッドパターン2を固定としたが、本発明はこれに限られず、グリッドパターン2を可動とし、撮像手段4を固定としてもよく、両者を可動としてもよい。また、このような位置合わせの方法は、図3の評価装置についても基本的に同じである。

#### 【0033】

##### (第二段階)

上記のようにして、1つのグリッドにX個のCCD画素を対応させて撮像手段4とグリッドパターン2との距離を設定する。しかしながら、上記のようなグリッドとCCD画素との対応関係にずれが発生する場合が多い。グリッドパターン2は、微細なピッチ（例えば数ミリ）で配置された多数のグリッドから構成される。加えて、CCD画素の配列ピッチも微細である。したがって、全てのグリッドに対して正確に4p個のCCD画素を対応させるのは困難である。加えて、グリッドパターンの精度に問題があり、グリッドのピッチが一定でない場合もあり、グリッドと画素との規則的な対応関係にずれが生じてしまう。さらに、グリッドパターンの精度が良く、グリッドパターンをガラス板などにクロムメッキしたようなものであっても、熱膨張（光源や気温の変化などによる）により、グリッドのピッチが全体にずれたり、一部だけがずれたりすることがある。このような場合にもグリッドと画素との対応関係にずれが生じてしまう。

#### 【0034】

このようなことから、グリッドと画素との規則的な対応関係にずれが生じた場合にも、正確に透明板状体の欠点を検出できる手法が必要である。本発明は、グリッドパターンに含まれる1個のグリッドに対してX個のCCD画素を対応させる場合において、連続したn個のグリッドにつき $\pm \alpha$ 個分のCCD画素がずれた場合にも欠点を検出することを特徴とする。

## 【0035】

次に、 $n$ 個のグリッドに対してCCD画素が $\pm \alpha$ 個分ずれる場合を説明する。ここで、図5は、CCD画素とグリッドとのずれを説明する概念図である。なお、説明の便宜上、 $X$ を4、 $\alpha$ を1とし、1個のグリッドに対して4個のCCD画素を対応させる場合において、連続した $n$ 個のグリッドにつき1個分のCCD画素がずれる場合を説明する。

## 【0036】

まず、本発明においては、 $n$ 個のグリッドは、グリッドパターン内に含まれていればグリッド全体であってもよく、いずれかの一部のグリッドであってもよい。しかしながら、 $n$ 個に含まれる各グリッドは連続していることが条件であり、対応するCCD画素も連続していることが条件である。また、1つのグリッドパターン内に複数の $n$ 個が存在してもよい。つまり、1つのグリッドパターンに対してずれが複数箇所であってもよい。この場合には、それぞれの $n$ を順に $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3 \dots$ と表すことができるが、それぞれのグリッド数は同じであってもよく、異なってもよい。

## 【0037】

例えば図5Aに示されるように、グリッドパターンが $n$ 個のグリッドで構成されている例を考える。この場合に、グリッドパターン全体で $\pm \alpha$ 個分の画素がずれる場合がある。このようなずれの場合には、 $\alpha$ を1とすると、グリッドパターン全体の $n$ 個のグリッドに対して $4n \pm 1$ 個のCCD画素が対応することとなる。

## 【0038】

一方、図5Bに示すように、グリッドパターン内の一部の連続した $n$ 個のグリッドに対して $\pm 1$ 個分の画素がずれる場合であってもよい。この場合には、グリッドパターン内の一部の $n$ 個のグリッドに対して $4n \pm 1$ 個のCCD画素が対応している。さらに、1つのグリッドパターン内に複数のずれがある場合であってもよい。具体的には、図5Cに示すように、 $n_1$ の部分、 $n_2$ の部分、 $n_3$ の部分でそれぞれ $\pm 1$ 個分のCCD画素がずれている。したがって、この図では、グリッドパターン内の一部の $n_1$ 個のグリッドに対して $4n_1 \pm 1$ 個のCCD画素

が対応し、 $n_2$  個のグリッドに対して  $4n_2 \pm 1$  個の CCD 画素が対応し、 $n_3$  個のグリッドに対して  $4n_3 \pm 1$  個の CCD 画素が対応している。これをグリッドパターン全体で見ると、 $(n_1 + n_2 + n_3)$  個のグリッドに対して  $4(n_1 + n_2 + n_3) \pm 3$  個の CCD 画素が対応することとなる。

#### 【0039】

このような CCD 画素とグリッドとの対応関係 ( $n$  個のグリッドに対して  $Xn \pm \alpha$  個の画素が対応する関係) においては、ラインセンサカメラの出力を 1 次元のグレーデータとして表示した場合に、モアレ縞が発生することが本発明者等によって確認されている。また、本発明者等の検討の結果、CCD 画素が 1 つずれる毎に ( $\alpha = 1$  毎に) 1 つのモアレの山が現れるということが確認されている。これを具体的に説明する。

#### 【0040】

図 6 を参照すると、グリッドパターンを 5000 画素のラインセンサカメラで撮像した際の出力のグレー画像データの 1~1200 画素の部分を表示している。グラフの X 軸はグリッドパターンの長さ方向を表しており、Y 軸は光の強度を表している。このグラフにおいては、複数のモアレ縞が (図中の  $t_n$  区間で) 発生していることが分かる。上述したように、CCD 画素が 1 個ずれる毎に 1 つのモアレ山が発生するので、グラフ内のそれぞれの山は、その山に対応するグリッド区間において、CCD 画素が 1 つ分ずれたことを表している。具体的には、最初のグリッド区間  $t_1$  には、32 個のグリッドが含まれており、このグリッドに対して  $4n - 1 = 127$  画素が対応している。以下同様に、グリッド区間  $t_2$  (34 グリッド) に 135 画素、 $t_3$  (31 グリッド) に 123 画素、 $t_4$  (36 グリッド) に 143 画素が対応している。一方、 $t_5$  は、CCD 画素 2 個分ずれているので、2 つの山が発生している。 $t_5$  のグリッドは 66 個であり、対応する画素は  $4n - 2 = 262$  画素である。

#### 【0041】

このようにグレーデータ上でモアレ縞が発生する位置とそれぞれのモアレ縞の幅とは、グリッドと CCD 画素とのずれ方に依存し、具体的には、どのグリッド位置でずれが発生するのか、および何個のグリッドで CCD 画素 1 個分ずれるの

かに依存するものである。したがって、モアレ縞が発生する位置とそれぞれのモアレ縞の幅とは、グリッドパターンの精度、熱膨張の状態等にしたがって変化し得る。つまり、グリッドパターン、環境温度等を変えることによってモアレ縞の位置、幅、個数等が変化する。本発明は、CCD画素とグリッドとの規則的な対応関係にずれが生じており、このずれ方が様々で一定しない場合であっても、ガラス板に含まれる欠点を検出できることをも特徴とするものである。

#### 【0042】

上記の説明においては、グリッドパターンの精度の問題、熱膨張等によってCCD画素とグリッドとの間にずれが生じてしまう場合を考えた。しかしながら、本発明においては、意図的にずれを発生させることも可能である。例えば、 $n$ 個のグリッドから成るグリッドパターン全体に対して、意図的に $Xn \pm \alpha$ 個のCCD画素を対応させてもよい。また、グリッドパターンのうちの一部の $n$ 個のグリッドに対して意図的に $Xn \pm \alpha$ 個のCCD画素を対応させてもよい。一例として、全グリッド数が1000の場合に、1000個のグリッド全体に対して $4000 + 1$ 個のCCD画素を対応させ、1個のモアレ縞を発生させてもよい。一方、一部の40個のグリッドに対して $160 + 1$ 個のCCD画素を対応させ、1個のモアレ縞を発生させてもよい。さらに、意図的にずれを発生させた場合に、熱膨張等によるずれも並存する場合には、それぞれのずれに起因したモアレ山が複数個発生する場合もあるが、本発明はこのような場合にも適用できる。

#### 【0043】

このように意図的にずらしてもよいということは、以下のような利点をもたらす。つまり、上述の第一段階において、所定の1グリッドに対して $X$ 個のCCD画素を対応させる場合でさえ、両者の対応関係を厳密に合わせる必要がなく多少のずれが許容されるということである。微細なピッチで構成されるグリッドパターンを極微細なピッチで配列されたCCD画素で撮像するようなケースにおいては、それぞれのグリッドに $X$ 個のCCD画素を正確に対応させる調整は困難であり、時間とコストとを必要とするので、このようなずれの許容は極めて有益である。

#### 【0044】

このように本発明においては、CCD画素の出力をグレー画像データとした場合に、1以上のモアレ縞が発生する状態を得ることが特徴である。このような状態は、グリッドパターン内のいずれかの連続する $n$ 個のグリッドに対して $Xn \pm \alpha$ 個のCCD画素を対応させることによって得ることができる。例えば、このようなモアレ縞を発生させる方法としては、1グリッドに $X$ 個のCCD画素が対応する位置近傍に撮像手段とグリッドパターンとの位置関係を合わせ、そこからグレーデータ画像を見ながら撮像手段を上下に微調整することによって所望のモアレ縞を発生させることもできる。本発明は、 $n$ 個のグリッドについて画素 $\alpha$ 個分のずれを許容するものである。そして、このようなずれは、グリッドパターンの熱膨張等によって生ずるものでもよく、撮像手段とグリッドパターンとの位置関係を調整して意図的に発生させるものでもよい。したがって、撮像手段（または／およびグリッドパターン）の位置合わせに高度な正確性を要求せず、位置合わせを容易にすることができる。また、測定装置に厳密な精度を要求しないため、装置のコストを低くすることができる。

#### 【0045】

なお、本発明において、ずれ分である $\alpha$ （ $Xn \pm \alpha$ における $\alpha$ ）は、1以上の整数とすることができるが、この $\alpha$ の上限については、 $\alpha \leq n/10$ とすることが好ましい。というのは、この上限値を超えると必要なモアレ縞が発生しないことがあるからである。

#### 【0046】

（欠点の検出）

次に、上記のようにモアレが発生しているCCD画素の出力に基づいて、欠点を検出する手法について説明する。本発明は、モアレが発生しているCCD画素の出力に基づいて、正弦波Aと、この正弦波Aから $90^\circ$ 位相のずれた正弦波Bとを算出することを1つの特徴としている。

#### 【0047】

特に、本発明の一態様によれば、 $X=4$ とし、つまり、 $n$ 個のグリッドに対して $4n \pm \alpha$ 個のCCD画素が対応した状態のCCD出力により、正弦波AおよびBを算出する方法が提供される。以下においては、 $X=4$ の場合に正弦波Aおよ

びBを求める方法を具体的に説明する。ここで、図7、8は、符号の割当てを説明する概念図である。

#### 【0048】

(step1)

正弦波AおよびBを算出するにあたって、まず、所定のルールに従って、各CD画素の出力( $C_n$ )に正または負の符号を割当てる。具体的には、全画素を連続した4個の画素ごとの連続したグループに分ける。そして、それぞれのグループ内の画素を $C_{4i+1}$ ,  $C_{4i+2}$ ,  $C_{4i+3}$ ,  $C_{4i+4}$  ( $0 \leq i$ )と表す。図7に示すように、12個の画素を用いて説明する。最初の4個の画素をグループ1とし、次ぎの4個の画素をグループ2とし、さらに次ぎの4個の画素をグループ3とし、画素がさらに存在する場合には以降グループ4, 5, 6...とする。グループ1では $i=0$ であり、したがってグループ1内のそれぞれの画素は、 $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ と表される。同様に、グループ2は、 $i=1$ であり、グループ3は、 $i=2$ であり、以降 $i$ の値が1ずつ増える。

#### 【0049】

次に、それぞれのグループに含まれる4つの画素に対して、以下の表に示すような三角関数の符号をこの順序パターンで乗算する。具体的には、正弦波Aについては、 $\sin$ の符号を用い、正弦波Bについては $\cos$ の符号を用いる。これは、正弦波BはAよりも $90^\circ$ ずれており、 $\sin B = \cos A$ の関係に立つからである。なお、この表において重要なことは、 $\sin$ の符号の順序パターンに対して $\cos$ の符号の順序パターンが1つシフトしていることである。一方、Iの列の符号が必ずしも最初の画素に対応することまでは必要とされない。II列以後のいずれかの符号から開始してもよい。

#### 【0050】

【表 1】

関数	象限			
	I	II	III	IV
sin	+	+	-	-
cos	+	-	-	+

## 【0051】

例えば、正弦波Aを求める場合には、図8に示すように、グループ内の画素のそれぞれに（＋，＋，－，－）を乗算してもよいし、（－，＋，＋，－）を乗算してもよい。ただし、正弦波Bを求める場合には、符号の順序パターンが1つ分シフトする必要があるので、先のケースではグループ内の画素のそれぞれに（＋，－，－，＋）を乗算する必要がある。なお、図8の変数*i*で示すように、いずれのグループに含まれる画素に対しても、同一の順序パターンで土符号が乗算される必要がある。

## 【0052】

さらに詳細には、1つのグループ内の4個の画素に乗算される4つの土符号の順序パターンについては、以下の条件に従う。第一に、土の符号が、＋，＋，－，－の順番でくりかえされていればよい。したがって、グループ内の最初の画素に乗算される符号は＋，－いずれであってもよい。例えば、最初の画素が＋の場合には、（＋，＋，－，－）であってもよく、（＋，－，－，＋）であってもよい。一方、最初の画素が－の場合には、（－，－，＋，＋）であってもよく、（－，＋，＋，－）であってもよい。第二に、正弦波Bを求める場合には、正弦波Aに対して90°つまり＋，－の符号1個分シフトした順序パターンとなる。例えば、正弦波Aの土符号が（－，＋，＋，－）の場合には、正弦波Bの土符号は、（＋，＋，－，－）かあるいは（－，－，＋，＋）とする。このようにして、全ての画素出力値に、上記の規則にしたがって＋または－の符号を乗算して符号付けし、A波用、B波用の2種類の符号付画素出力値（C<sub>k</sub>）を求める。なお、このようなA波用、B波用の2種類の符号付画素出力値を演算する処理は、画像



処理手段5の符号割当て手段によって行うことができる。

【0053】

(step 2)

次に、正弦波Aおよび正弦波Bを算出する。これは、上記で求めたA波用およびB波用の2種類の符号付画素出力値に対して以下の式で求められる。なお、このような正弦波Aおよび正弦波Bを演算する処理は、画像処理手段5の正弦波生成手段によって行うことができる。

【0054】

正弦波Aについては、A波用の符号付画素出力値に対して以下の式で求めることができる。

【0055】

【数1】

$$A_n = \sum_{k=n}^{n+3} C_k$$

( $A_n$ はA相、 $C_k$ はk番目の画素の符号付画素出力値を表す)

【0056】

次に、正弦波Bについては、B波用の符号付画素出力値に対して以下の式で求めることができる。

【0057】

【数2】

$$B_n = \sum_{k=n}^{n+3} C_k$$

( $B_n$ はB相、 $C_k$ はk番目の画素の符号付画素出力値を表す)

【0058】

さらに、 $X=4$ の場合に、グループ化をして符号を割当てA相およびB相を求める上述の処理は、以下の式で表すこともできる。

【0059】

## 【数 3】

$i = 0$  以上の整数

$$A_{4i+1} = -C_{4i+1} + C_{4i+2} + C_{4i+3} - C_{4i+4}$$

$$A_{4i+2} = +C_{4i+2} + C_{4i+3} - C_{4i+4} - C_{4i+5}$$

$$A_{4i+3} = +C_{4i+3} - C_{4i+4} - C_{4i+5} + C_{4i+6}$$

$$A_{4i+4} = -C_{4i+4} - C_{4i+5} + C_{4i+6} + C_{4i+7}$$

$$B_{4i+1} = +C_{4i+1} + C_{4i+2} - C_{4i+3} - C_{4i+4}$$

$$B_{4i+2} = +C_{4i+2} - C_{4i+3} - C_{4i+4} + C_{4i+5}$$

$$B_{4i+3} = -C_{4i+3} - C_{4i+4} + C_{4i+5} + C_{4i+6}$$

$$B_{4i+4} = -C_{4i+4} + C_{4i+5} + C_{4i+6} - C_{4i+7}$$

## 【0060】

次に、上記のようにして求められたA相、B相の正弦波から各画素における位相角度を求める。それぞれの画素における位相角度を $H_i$ とすると、位相角度は、 $H_i = \text{ATAN}(B_i / A_i)$ で求めることができる。なお、このような位相角度を演算する処理は、画像処理手段5の位相角度演算手段によって行うことができる。

## 【0061】

次に、上記のようにして求められた各画素の位相角度から、1画素当たりの位相角度の変化率すなわち位相角速度を求める。具体的には、隣接する画素間の位相角度の差分を求めることによって位相角速度を求めることができる。位相角速度を $D_i$ とすると、位相角速度は、 $D_i = H_{i+1} - H_i$ によって求めることができる。このようにして求められた位相角速度のグラフの一例を図9に示す。なお、このような位相角速度を演算する処理は、画像処理手段5の角速度演算手段によって行うことができる。

## 【0062】

図9について説明する。測定対象となる透明板状体に欠点が含まれていない場合には、位相角速度 $D_i$ は0近傍で一定となることが確認されている。これに対して、透明板状体に欠点が含まれている場合には、 $D_i$ は大きな値を取ることが確認されている。この図9においては、透明板状体が無欠点の区間は、位相角速

度はほぼ0として示されている。一方、d区間の付近に欠点が含まれており、位相角速度が急激に変化していることが分かる。

#### 【0063】

このような位相角速度の算出結果から歪みを伴う欠点を検出するためには、位相角速度の値に一定の閾値を設定して判別すると好適である。つまり、この閾値を越える位相角速度については、その部分の画素に対応する透明板状体の部分に欠点が存在すると識別することができる。なお、この閾値は、求められる透明板状体の品質等にしがって任意に設定することができる。具体的には、品質が低くてもよい場合には閾値を高く設定し、そうでない場合には閾値を低く設定する。なお、このようにして、予め設定されている閾値を越える位相角速度を判別して、その部分の画素に対応する透明板状体の欠点を検出する処理は、画像処理手段5の欠点検出手段によって行うことができる。

#### 【0064】

このようにすることにより、グリッドとCCD画素との規則的な対応関係にずれがある場合であっても、測定対象である透明板状体に含まれる欠点を精度よく検出することができる。

#### 【0065】

(屈折力の算出)

次に、上記で求めた位相角速度に基づいてそれぞれの画素に対応する透明板状体の屈折力を求める方法を説明する。

#### 【0066】

まず、上記で求められた位相角速度は、グリッドとCCD画素とのピッチのずれからモアレ縞が生じており、そのずれ分の位相角度の角速度になっている分だけ $D_i$ が0からシフトしている。したがって、全体を平均してずれの分を補正し、0のレベルになるようにすることが好適である。

#### 【0067】

具体的な補正方法を説明する。まず、全体の平均を求める。全体の画素数をM、全体の平均をAVEとすると、全体の平均は

$$AVE = \sum D_i / M$$

で求められる。補正後の位相角速度を  $E_i$  とすると、補正後の位相角速度は、  
 $E_i = D_i - AVE$

で求められる。なお、このような処理は、画像処理手段 5 の補正手段によって行うことができる。

#### 【0068】

次に、上記のようにして求められた補正後の位相角速度  $E_i$  に基づいてそれぞれの画素における透明板状体の屈折力を求める。

#### 【0069】

具体的に説明する。まず、

$LP$  : 屈折力 (単位:  $dpt$  (ディオプター))

$f$  : 焦点距離

$P$  : グリッドのピッチ

$L$  : ガラス〜グリッドの距離

$\theta$  : ガラスによる屈折角度

とする。

#### 【0070】

$i$  番目の画素における 1 画素分でのずれ量＝  
 $(E_i / 2\pi) \times P$

#### 【0071】

$i$  番目の画素における 1 画素分でのずれ角度：

$\theta_i = \tan \theta_i = (E_i / 2\pi) \times P \times (1/L)$

( $\theta_i$  が小さいため)

#### 【0072】

1 画素分のピッチ:  $G = P/4$  と、

その部分でのレンズ作用の焦点距離:  $f_i$  との関係は、

$\tan \theta_i = G / f_i$

である。

#### 【0073】

したがって、 $i$  番目の画素における屈折力を  $LP_i$  とすると、

$$L P i = 1 / f i = (\tan \theta i) / G =$$

$$(E i / 2 \pi) \times P \times (1 / L) \times (4 / P) = 2 E i / (\pi \times L) \text{ (d p t)}$$

と表すことができる。また、これの1000倍がm d p tとなる。

#### 【0074】

このような方法により、それぞれの画素における屈折力を求めることができる。また、各画素に対応する透明板状体の部分の屈折力を求めることができる。したがって、グリッドとCCD画素との規則的な対応関係にずれがある場合であっても、測定対象である透明板状体の所望の箇所の屈折力を精度よく算出することができる。なお、このような屈折力の演算は、画像処理手段5の屈折力演算手段によって行うことができる。

#### 【0075】

次に、各画素でのずれ量（位相での角度）の積算値を求める。ここでは、上記の $E i$ を積算することにより、各画素での位相角度のずれ積算量を求めることができる。

#### 【0076】

具体的には、

$$F 1 = 0$$

$$F i + 1 = F i + E i$$

によってずれの積算量を求めることができる。なお、このようなずれ量の積算は、画像処理手段5のずれ積算手段によって行うことができる。

#### 【0077】

さらに、この $F i$ から各画素での光の曲がる角度を求めることも可能である。このような方法により、グリッドとCCD画素との規則的な対応関係にずれがある場合であっても、各画素でのずれ積算量を求めることができ、各画素での光の曲がる角度を求めることができる。

#### 【0078】

##### 【実施例】

次に、本発明の実施例を説明する。この実施例においては、5000画素を有するラインセンサカメラを用いて撮像した画像のグレーデータを、Z1～Z50

00として入力し、入力された画素出力値を $C_i = Z_i$  ( $i = 1 \sim 5000$ )として表す。なお、1つのグリッドに4個のCCD画素を対応させて撮像した場合の、グレーデータの1~1200画素の部分を図10に示し、図10のQ区間の拡大図を図11に示す。

#### 【0079】

画像処理の手順を図12~14のフローチャートを用いて説明する。まず、図12に示すように、ステップ1として±符号を生成する。1つのグリッド(1ピッチ)当たりの画素数を $h$ とすると、±符号の生成は、 $h/2$ を基礎となる数字として行われる。具体的には、 $h/2$ 個の+符号と $h/2$ 個の-符号とを交互に生成する。そして、生成した符号を順番に $fug o(k)$ で識別し、生成した符号をレジスタ、キャッシュメモリ、主記憶装置等の記憶装置に記憶する。なお、この処理は、符号生成手段によって行うことができる。

#### 【0080】

なお、図12のフローにおいては、 $h=8$ 、すなわち、1グリッド当たり8個のCCD画素を対応させた例を示している。しかしながら、このフローにおいては、 $h$ は4の整数倍の値であればどのような値にも適用可能である。例えば $h$ が4であっても、12であってもよい。具体的には、本例のように $h=8$ の場合には、4個の+符号と4個の-符号とを交互に生成する。一方、 $h=4$ の場合には2個、 $h=12$ の場合には6個の+符号と-符号とを交互に生成する。

#### 【0081】

このようにして、 $h$ の数を(4の整数倍で)増やすことにより、1グリッド当たりのCCD画素数を増加させて測定精度を上げることができる。

#### 【0082】

次に、図13に示すように、ステップ2としてA相、B相の正弦波を生成する。具体的には、ステップ1で生成した±符号( $fug o(k)$ )を、それぞれの画素出力値( $data(i)$ )に順番に割当ててA相用の符号付画素出力値を演算する。そして、求めるA相の $A_i$ の値を、 $A_i$ 以後の $h$ 個の画素の符号付画素出力値の和によって演算する。

#### 【0083】

次に、B相を演算する。ステップ1で生成した±符号 (f u g o (k)) を  $h/4$  シフトした後にそれぞれの画素出力値 (d a t a (i)) に順番に割当てて B相用の符号付画素出力値を演算する。そして、求めるB相の  $B_i$  の値を、 $B_i$  以後の  $h$  個の画素の符号付画素出力値の和によって演算する。そして、算出されたA相、B相の正弦波を記憶装置に記憶する。このようにして生成されたA相、B相の正弦波のグラフを図15に示す。なお、このような処理は正弦波生成手段によって行うことができる。一方、上記の符号の生成およびA相、B相の正弦波の生成をまとめて、以下の式によって処理することもできる。

【0084】

【数4】

$i = 0$  以上の整数

$k = 0 \sim 5000/h$

FOR  $i = 0$  TO  $k$

$$A_{8i+1} = -C_{8i+1} - C_{8i+2} + C_{8i+3} + C_{8i+4} + C_{8i+5} + C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8}$$

$$A_{8i+2} = -C_{8i+2} + C_{8i+3} + C_{8i+4} + C_{8i+5} + C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9}$$

$$A_{8i+3} = +C_{8i+3} + C_{8i+4} + C_{8i+5} + C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10}$$

$$A_{8i+4} = +C_{8i+4} + C_{8i+5} + C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10} + C_{8i+11}$$

$$A_{8i+5} = +C_{8i+5} + C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12}$$

$$A_{8i+6} = +C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} + C_{8i+13}$$

$$A_{8i+7} = -C_{8i+7} - C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} + C_{8i+13} + C_{8i+14}$$

$$A_{8i+8} = -C_{8i+8} - C_{8i+9} - C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} + C_{8i+13} + C_{8i+14} - C_{8i+15}$$

$$B_{8i+1} = +C_{8i+1} + C_{8i+2} + C_{8i+3} + C_{8i+4} - C_{8i+5} - C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8}$$

$$B_{8i+2} = +C_{8i+2} + C_{8i+3} + C_{8i+4} - C_{8i+5} - C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9}$$

$$B_{8i+3} = +C_{8i+3} + C_{8i+4} - C_{8i+5} - C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10}$$

$$B_{8i+4} = +C_{8i+4} - C_{8i+5} - C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10} + C_{8i+11}$$

$$B_{8i+5} = -C_{8i+5} - C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12}$$

$$B_{8i+6} = -C_{8i+6} - C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} - C_{8i+13}$$

$$B_{8i+7} = -C_{8i+7} - C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} - C_{8i+13} - C_{8i+14}$$

$$B_{8i+8} = -C_{8i+8} + C_{8i+9} + C_{8i+10} + C_{8i+11} + C_{8i+12} - C_{8i+13} - C_{8i+14} - C_{8i+15}$$

#### 【0085】

次に、図14に示すように、ステップ3として位相角度を演算し、角速度を演算する。まず、上記で生成されたA相、B相の正弦波によって求められるリサージュ図形を図16に示す。なお、このリサージュ図形は説明の便宜上用いられるものであり、このようなりサージュ図形を求める処理は必須のものとしなくてもよい。次に、A相、B相の正弦波から求めたそれぞれの画素のリサージュ図形上の位相角度を以下の式によって計算する。そして、算出結果を記憶装置に記憶する。この処理は、位相角度演算手段によって行うことができる。リサージュ図形上の位相角度を図17に示す。

#### 【0086】



## 【数5】

A, B相のサインカーブから求めたリサージュ図形上の位相角度計算

```

      IF (A1>0) THEN C1=ATAN (B1/A1)      第1象限、第4象限
ELSE IF (A1<0) THEN
      IF (B1>0) THEN C1=ATAN (B1/A1) + π  第2象限
      ELSE C1=ATAN (B1/A1) - π          第3象限
ELSE IF (B1>0) THEN C1=π/2      第2象限 (A1=0の例外処理)
ELSE IF (B1<0) THEN C1=-π/2     第4象限 (A1=0の例外処理)
ELSE C1=0                        (A1=0、B1=0の例外処理)

```

I=2~4996

```

      IF (Ai>0) THEN Ci=ATAN (Bi/Ai)      第1象限、第4象限
ELSE IF (Ai<0) THEN
      IF (Bi>0) THEN Ci=ATAN (Bi/Ai) + π  第2象限
      ELSE Ci=ATAN (Bi/Ai) - π          第3象限
ELSE IF (Bi>0) THEN Ci=π/2      第2象限 (Ai=0の例外処理)
ELSE IF (Bi<0) THEN Ci=-π/2     第4象限 (Ai=0の例外処理)
ELSE Ci=Ci-1                      (Ai=0、Bi=0の例外処理)

```

## 【0087】

次に、求められたそれぞれの画素のリサージュ図形上の位相角度を用いて、1画素当たりの位相角度の変化率すなわち位相角速度を以下の式によって計算する。そして、算出結果を記憶装置に記憶する。この処理は、角速度演算手段によって行うことができる。求められた位相角速度を図18に示す。

## 【0088】

## 【数6】

1画素当たりの位相角度の変化率つまり位相角速度計算

$$Di-1 = Ci - Ci-1$$

1画素当たりの位相変化率

```

IF (Di-1>π) THEN Di-1 = Di-1 - 2π  1周期-方向補正
IF (Di-1<-π) THEN Di-1 = Di-1 + 2π  1周期+方向補正

```

## 【0089】

次に、求められた1画素当たりの位相角度速度を以下の式によって、平均処理およびゼロ補正する。そして、算出結果を記憶装置に記憶する。この処理は、補正手段によって行うことができる。

## 【0090】

## 【数 7】

## 平均処理およびゼロ補正

グリッドとCCD素子のピッチのズレからモアレ縞が生じ、そのズレ分の位相角度の角速度になっている分だけ  $D_i$  が0からシフトしているため、全体を平均してズレの分を補正し、ゼロのレベルになるようにする必要がある。

$$AVE = \sum D_i / 4995$$

$$i = 1 \sim 4995$$

$$E_i = D_i - AVE$$

補正後の1画素当りの位相変化率

## 【0091】

次に、補正された位相角速度を用いて、それぞれの画素における屈折力を以下の式によって計算する。そして、算出結果を記憶装置に記憶する。この処理は、屈折力演算手段によって行うことができる。

## 【0092】

## 【数 8】

## レンズパワー計算

$LP$  : レンズパワー (単位:  $dpt$  (ディオプター))

$f$  : 焦点距離

$P$  : グリッドのピッチ

$L$  : ガラス〜グリッドの距離

$\theta$  : ガラスによる屈折角度 とすると

$$i \text{ 番目の画素における1画素分でのズレ量} = \frac{E_i}{2\pi} \cdot P$$

$$i \text{ 番目の画素における1画素分でのズレ角度: } \theta_i = \tan \theta_i = \frac{E_i}{2\pi} \cdot P \cdot \frac{1}{L}$$

( $\theta_i$  が小さいため)

1画素分のピッチ:  $G = P/4$  と

その部分でのレンズ作用の焦点距離:  $f_i$  との関係は

$\tan \theta_i = G/f_i$  であるから

$$LP_i = 1/f_i = \frac{\tan \theta_i}{G} = \frac{E_i}{2\pi} \cdot P \cdot \frac{1}{L} \cdot \frac{4}{P} = \frac{2E_i}{\pi \cdot L}$$

これの1000倍の単位が  $mdpt$  になる。

## 【0093】

次に、補正された位相角速度を用いて、それぞれの画素におけるずれ量の積算値を以下の式によって計算する。そして、算出結果を記憶装置に記憶する。この処理は、ずれ積算手段によって行うことができる。

## 【0094】

## 【数9】

各画素でのズレ量（位相での角度）の積算値計算

上記の $E_i$ を積算すると各画素のリサージュ図形上で位相角度のズレ積算量を求めることができる。  
またこの $F_i$ から各画素での光の曲がる角度を求めることも可能である。

$$\begin{aligned} F_1 &= 0 \\ i &= 2 \sim 4992 \\ F_{i+1} &= F_i + E_i \end{aligned}$$

## 【0095】

なお、この例においては、図12のフローのように、 $h/2$ 個の+符号と $h/2$ 個の-符号とを交互に生成し、図13のフローのように、生成した±符号を $h/4$ シフトした後にそれぞれの画素出力値に順番に割当ててB相用の符号付画素出力値を求める。このような符号割当て処理を行うことにより、1つのグリッドに対応するCCD画素の数が増えた場合にも、それが4の整数倍の数である限り、A相、B相の2つの正弦波を求め、欠点の検出、屈折力の算出等を行うことができる。したがって、1つのグリッドに対応する画素の数を増加させて測定精度を上げることができる。また、ハードウェアに改良を加えることなく測定の精度を上げることができる。

## 【0096】

また、1つのグリッドに対応する画素の数を表す $X$ が、 $X = 4p$ （ $p$ は1以上の整数）の場合に、正弦波A用の符号付画素出力値 $C_k$ からA相（ $A_n$ ）を求める式は、以下のように一般化することもできる。

## 【0097】

## 【数 10】

$$A_n = \sum_{k=n}^{n+(X-1)} C_k$$

## 【0098】

同様に、 $X = 4p$  の場合に、正弦波 B 用の符号付画素出力値  $C_k$  から B 相 ( $B_n$ ) を求める式は、以下のように一般化することもできる。

## 【0099】

## 【数 11】

$$B_n = \sum_{k=n}^{n+(X-1)} C_k$$

## 【0100】

上記の説明においては、ガラス板を検査対象として本発明を説明してきたが、本発明はこれに限られるものではない。ガラス板の他に、樹脂等の他の透明板状体あるいは光沢のある板状体についても本発明を適用できる。

## 【0101】

また、本発明による評価装置および評価方法が適用可能な透明板状体は、必ずしも平板に限られるものではなく、パネルなどのように、ゆるやかな曲率を有している板でもよい。また透明板状体または光沢のある板状体は、適宜切断された板材でも、連続的に供給される板材でもよい。さらに本発明による評価装置および方法は、透光性を有していれば半透明な板にも適用可能である。

## 【0102】

一方、上記の実施の形態および実施例においては、ラインセンサカメラによって撮像された画像データを用いて本発明を説明したが、本発明は、マトリックスカメラによって撮像された画像データの処理にも適用することができる。

## 【0103】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、画素の配列パターンとグリッドパター

ン像との規則的な対応関係にずれが生じた場合であっても、透明板状体に含まれる欠点および屈折力、そして光沢のある板状体の表面平坦度の不均一性を求めることができる。

【0104】

また、高精度なピッチおよび幅の微小グリッドおよびテレセントリックレンズを要求しないため、装置全体を安価なシステムとして構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の評価装置を示す概略構成図である。

【図2】

本発明の評価装置を示す斜視図である。

【図3】

本発明の他の評価装置を示す概略構成図である。

【図4】

CCD画素とグリッドとの対応関係を説明する図である。

【図5】

CCD画素とグリッドとのずれを説明する概念図である。

【図6】

グリッドパターンを5000画素のラインセンサカメラで撮像した際の出力のグレイ画像データの1～1200画素の部分を表示するグラフである。

【図7】

符号の割当てを説明する概念図である。

【図8】

符号の割当てを説明する概念図である。

【図9】

位相角速度のグラフの一例を示す図である。

【図10】

グレイデータのグラフの一例を示す図である。

【図11】

図 10 のグラフの一部拡大図である。

【図 12】

画像処理の手順を示すフローチャートである。

【図 13】

画像処理の手順を示すフローチャートである。

【図 14】

画像処理の手順を示すフローチャートである。

【図 15】

A 相、B 相の正弦波のグラフの一例を示す図である。

【図 16】

A 相、B 相の正弦波によって求められるリサージュ図形の一例を示す図である。

。

【図 17】

リサージュ図形上での位相角度のグラフの一例を示す図である。

【図 18】

位相角速度のグラフの一例を示す図である。

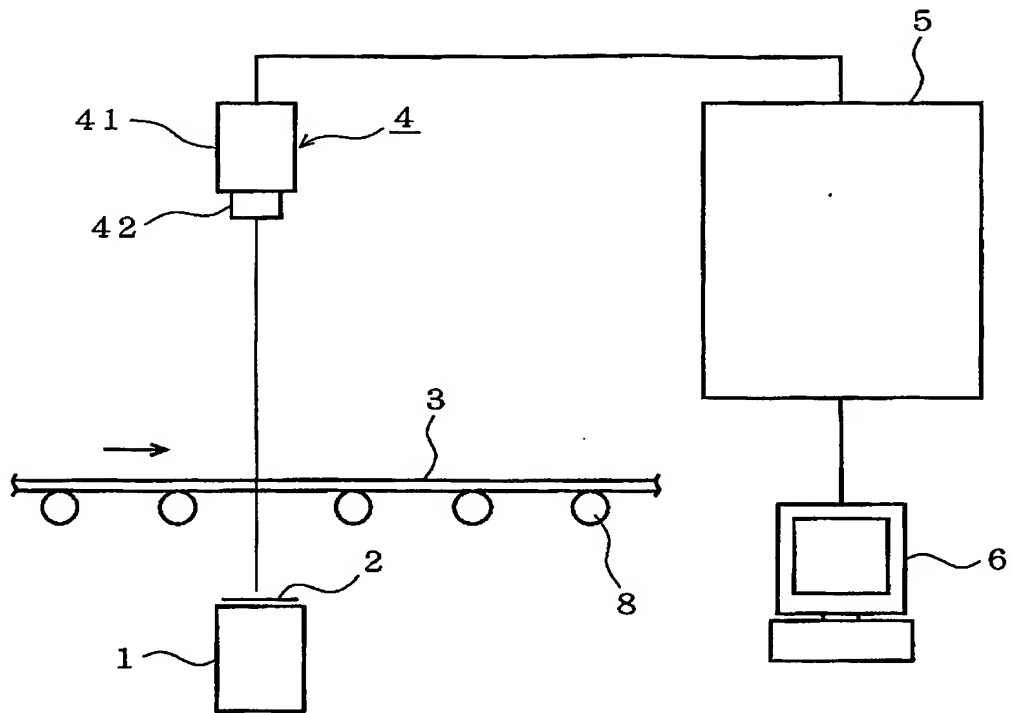
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 グリッドパターン
- 3 ガラス板
- 4 撮像手段
- 5 画像処理手段
- 6 表示手段
- 8 搬送手段
- 41 ラインセンサカメラ
- 42 レンズ

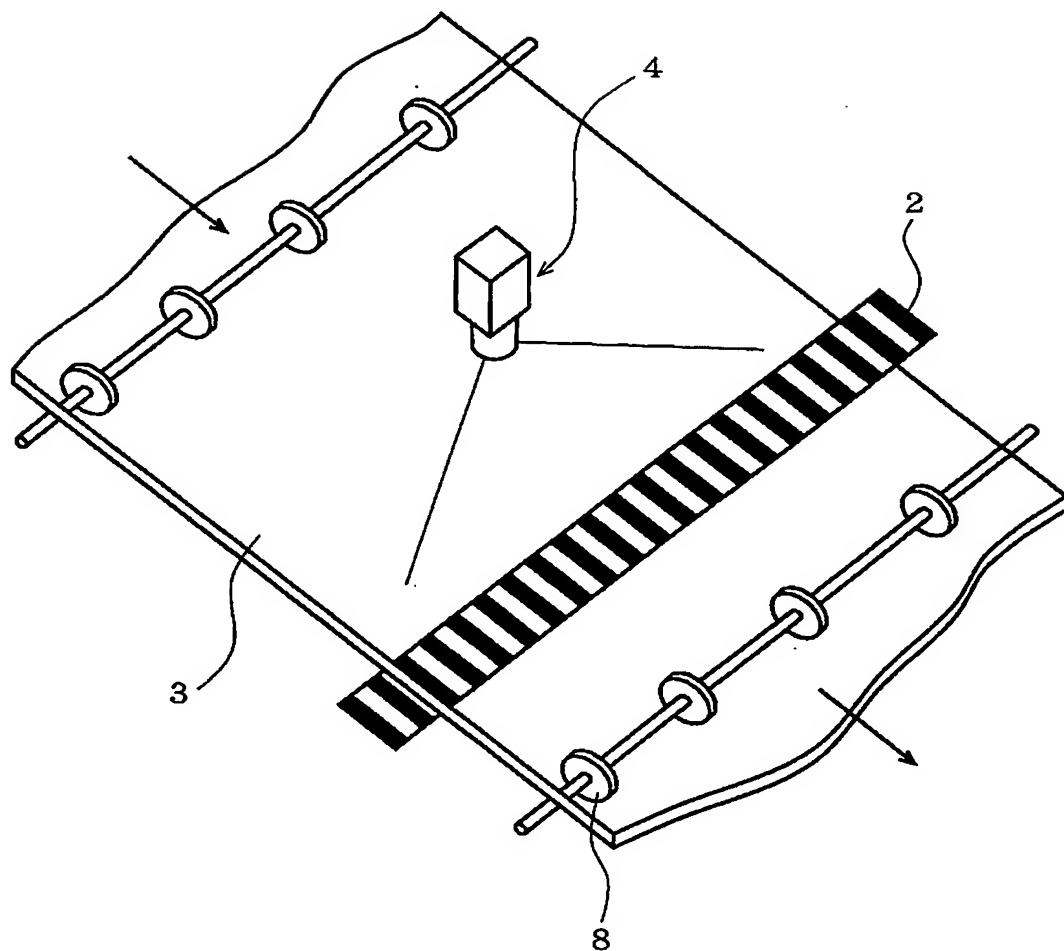
【書類名】

図面

【図 1】

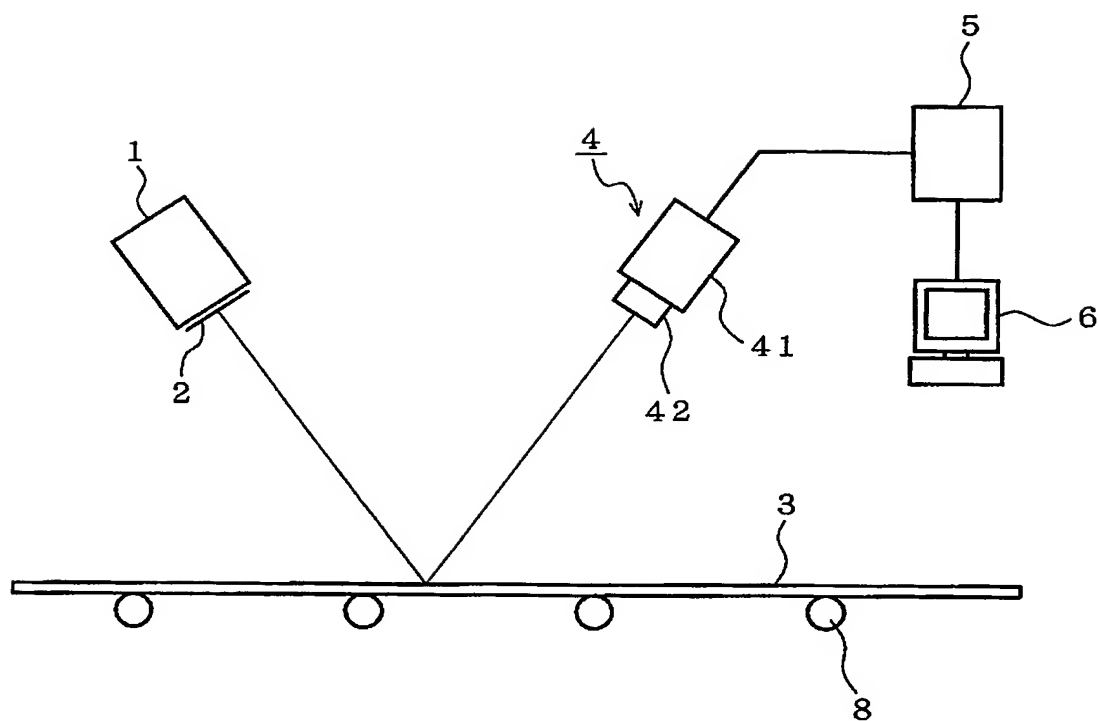


【図 2】





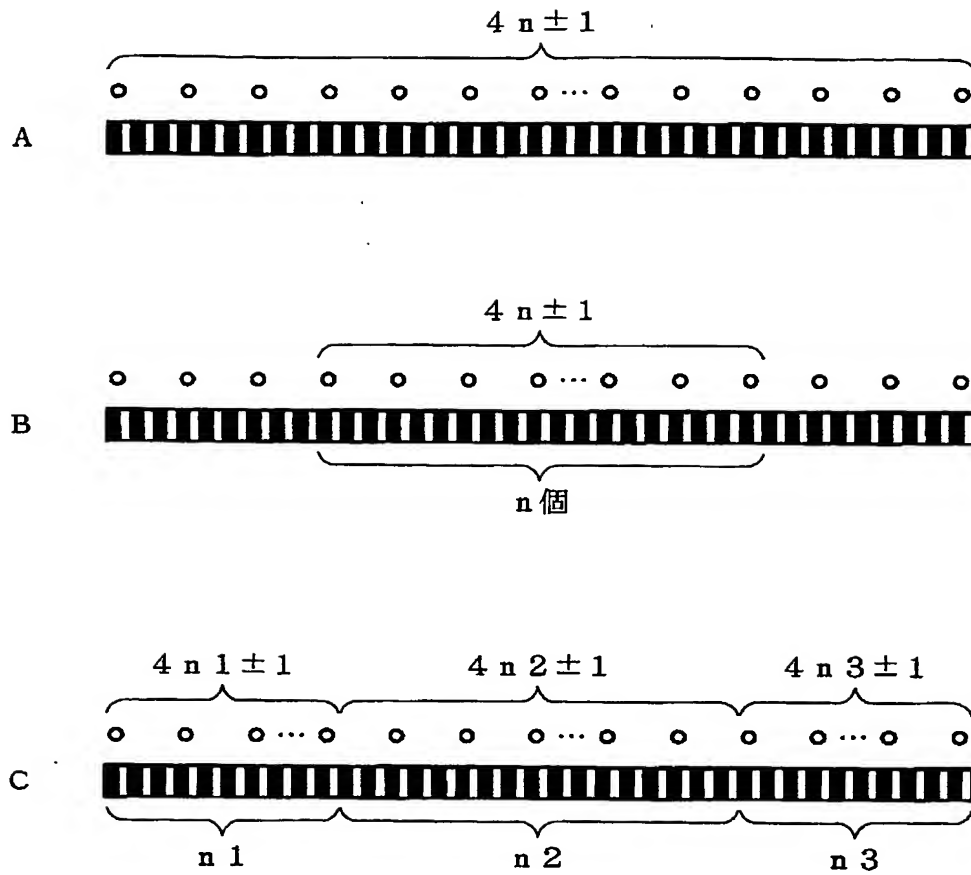
【図 3】



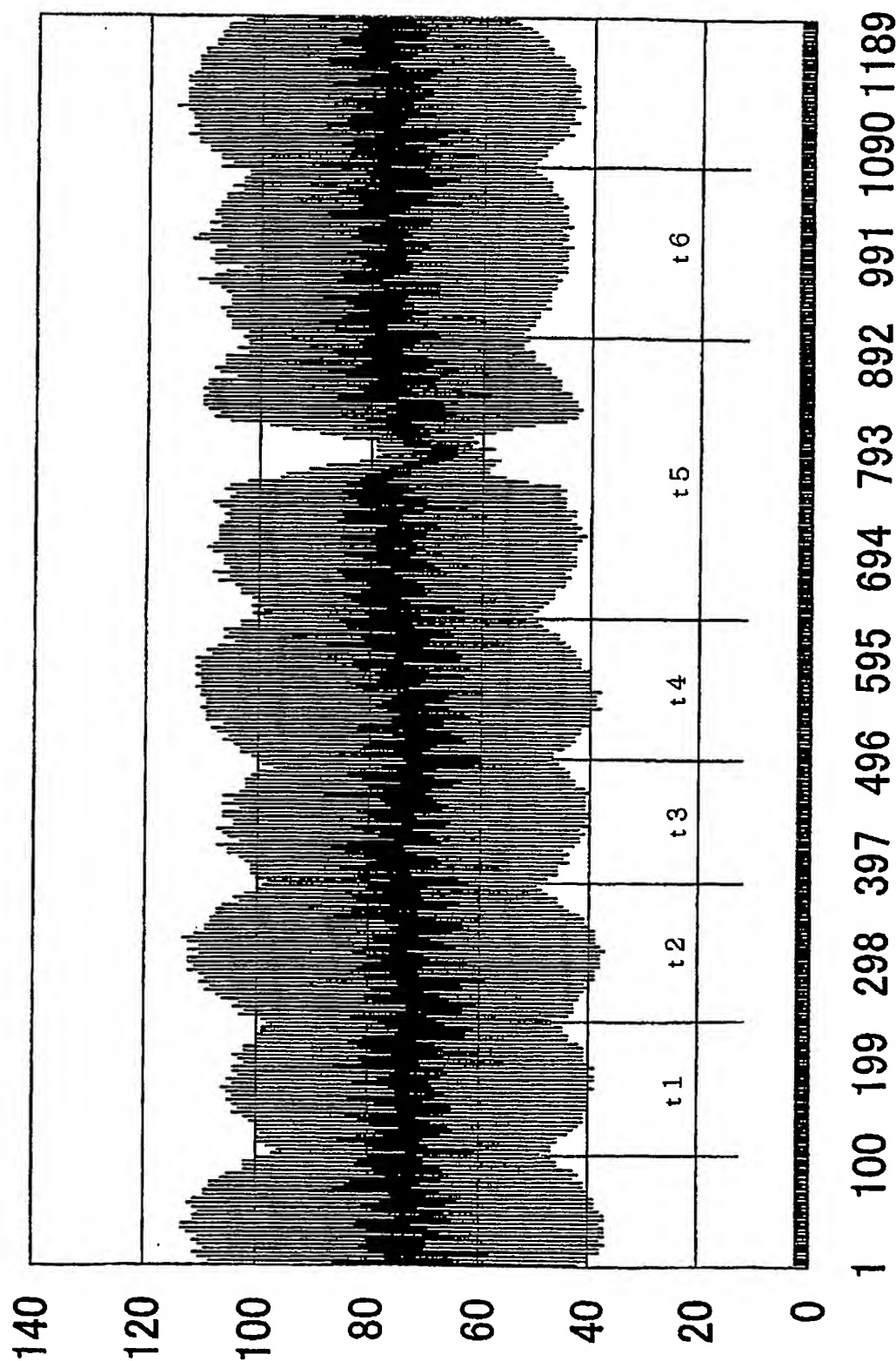
【図 4】



【図 5】

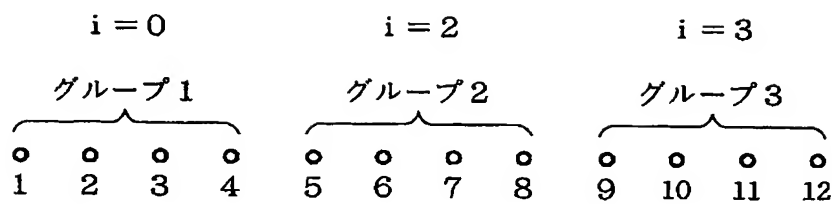


【図 6】



【図 7】

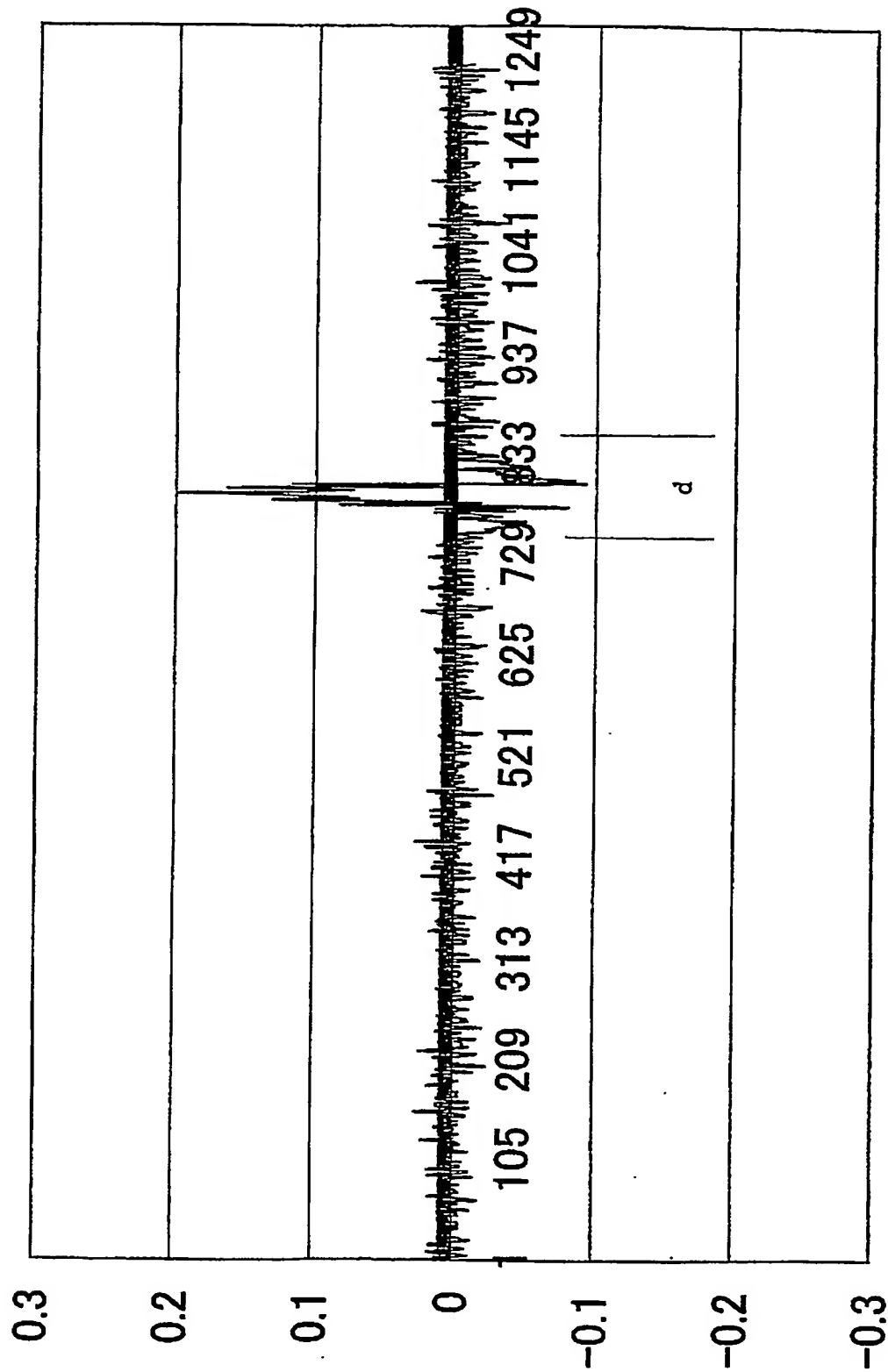
X = 4 の場合



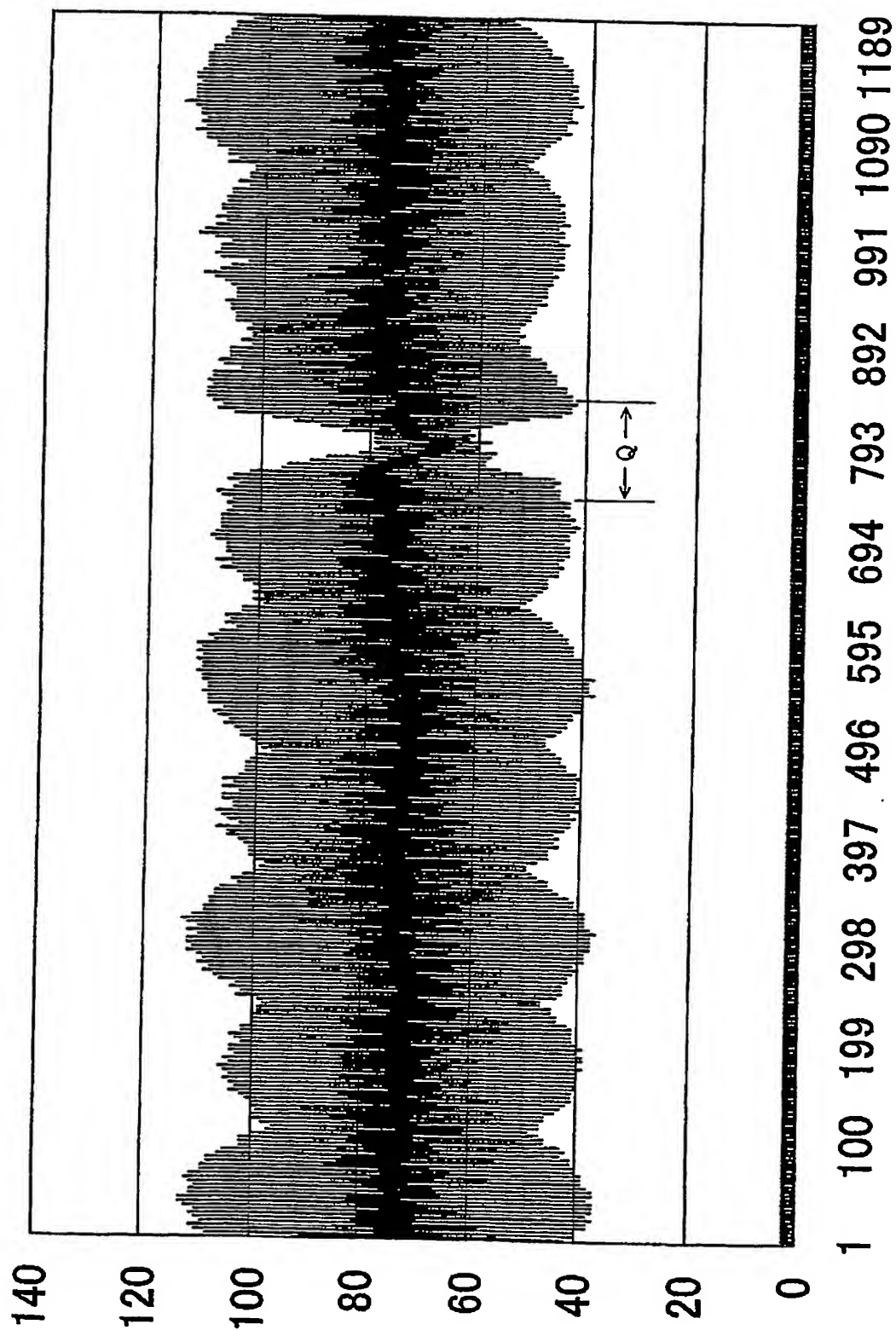
【図 8】

	$C_{4i+1}$	$C_{4i+2}$	$C_{4i+3}$	$C_{4i+4}$
A波用	+	+	-	-
B波用	+	-	-	+
A波用	-	+	+	-
B波用	+	+	-	-

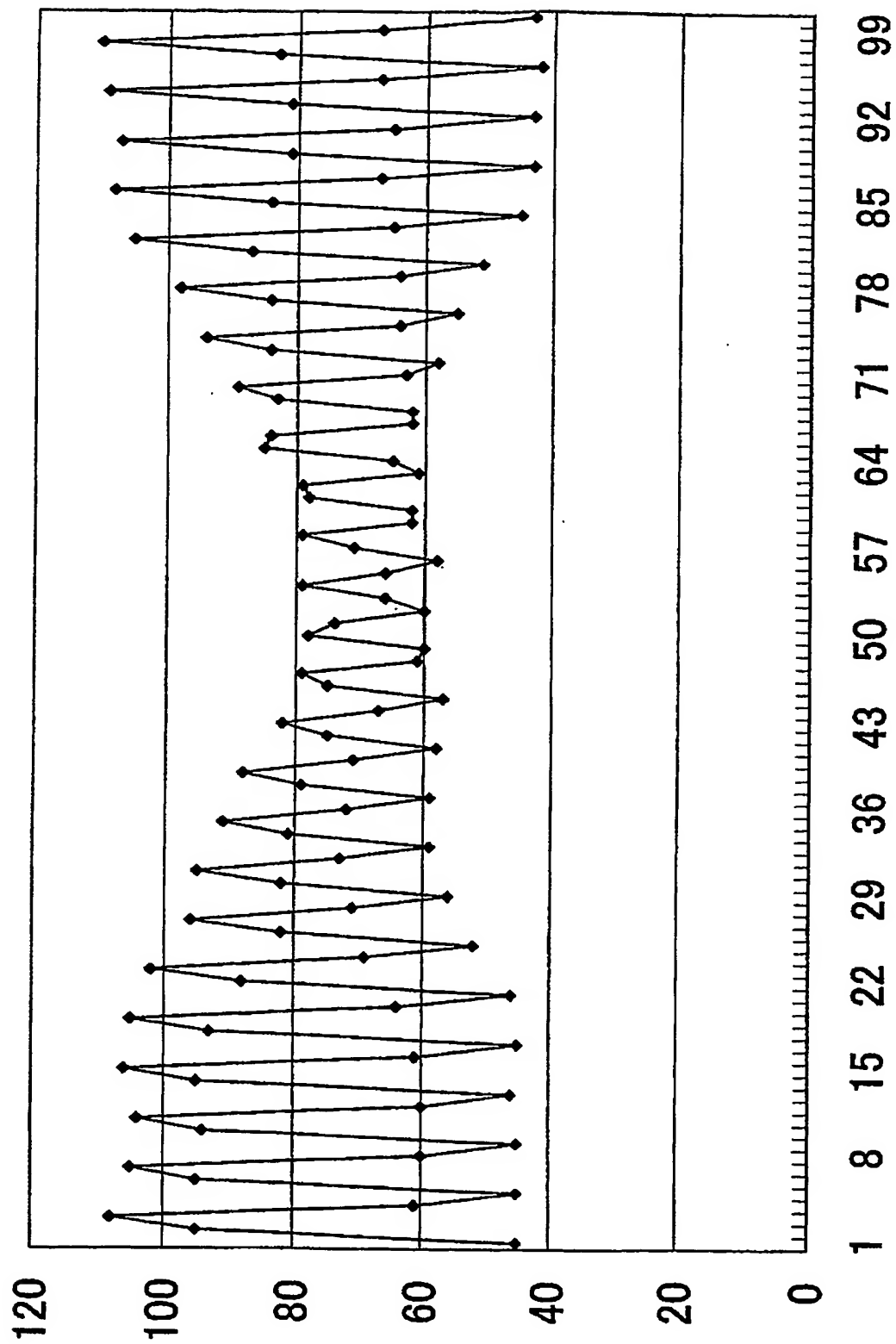
【図 9】



【図 10】



【図 11】

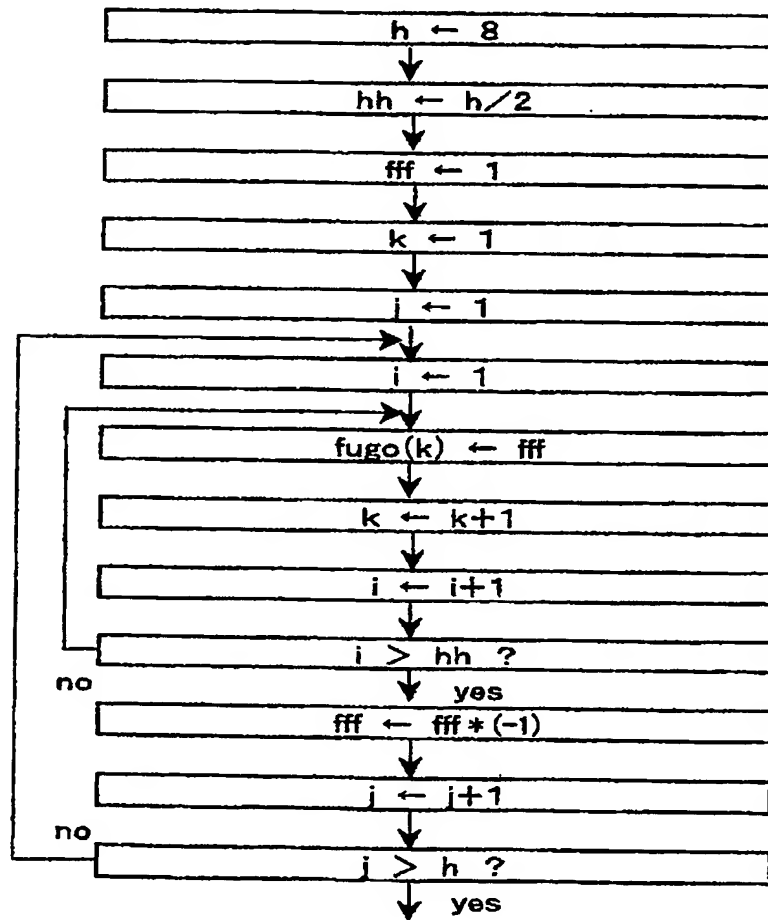




【図 12】

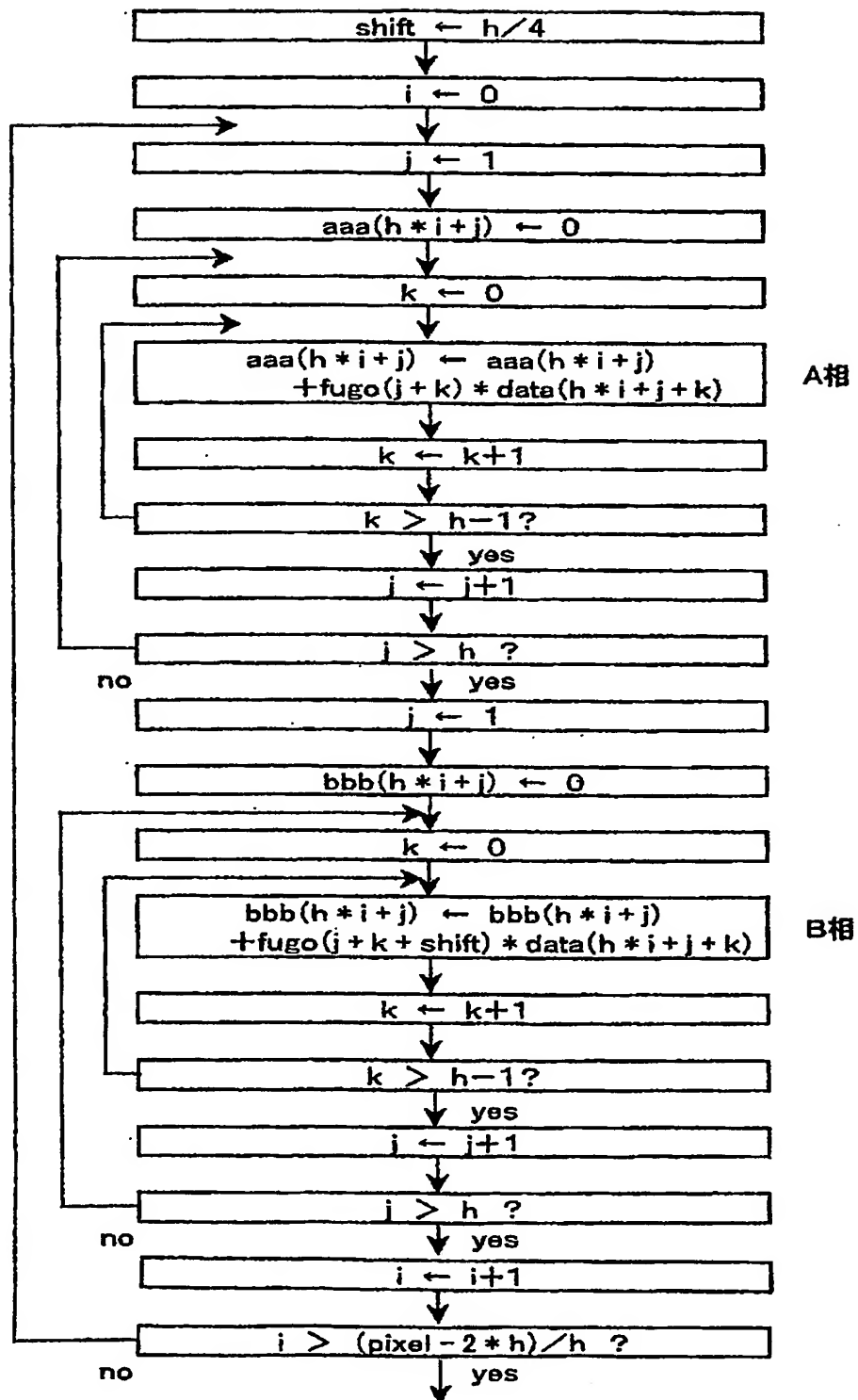
## ソフト処理 フローチャート

h: 1ピッチ当たりの画素数  
 fugo: 元の画像データを演算するための符号  
 shift:  $90^\circ$  シフトしたサイン波を生成するための演算のシフト量  
 data: 元の画像データ  
 aaa: A相サイン波データ  
 bbb: B相サイン波データ  
 ccc: リサージュ図形上での位相角度  
 ddd: 角速度  
 pixel: 処理する画素数

ステップ1 符号の生成  $++++-----++++-----++++-----$  の生成

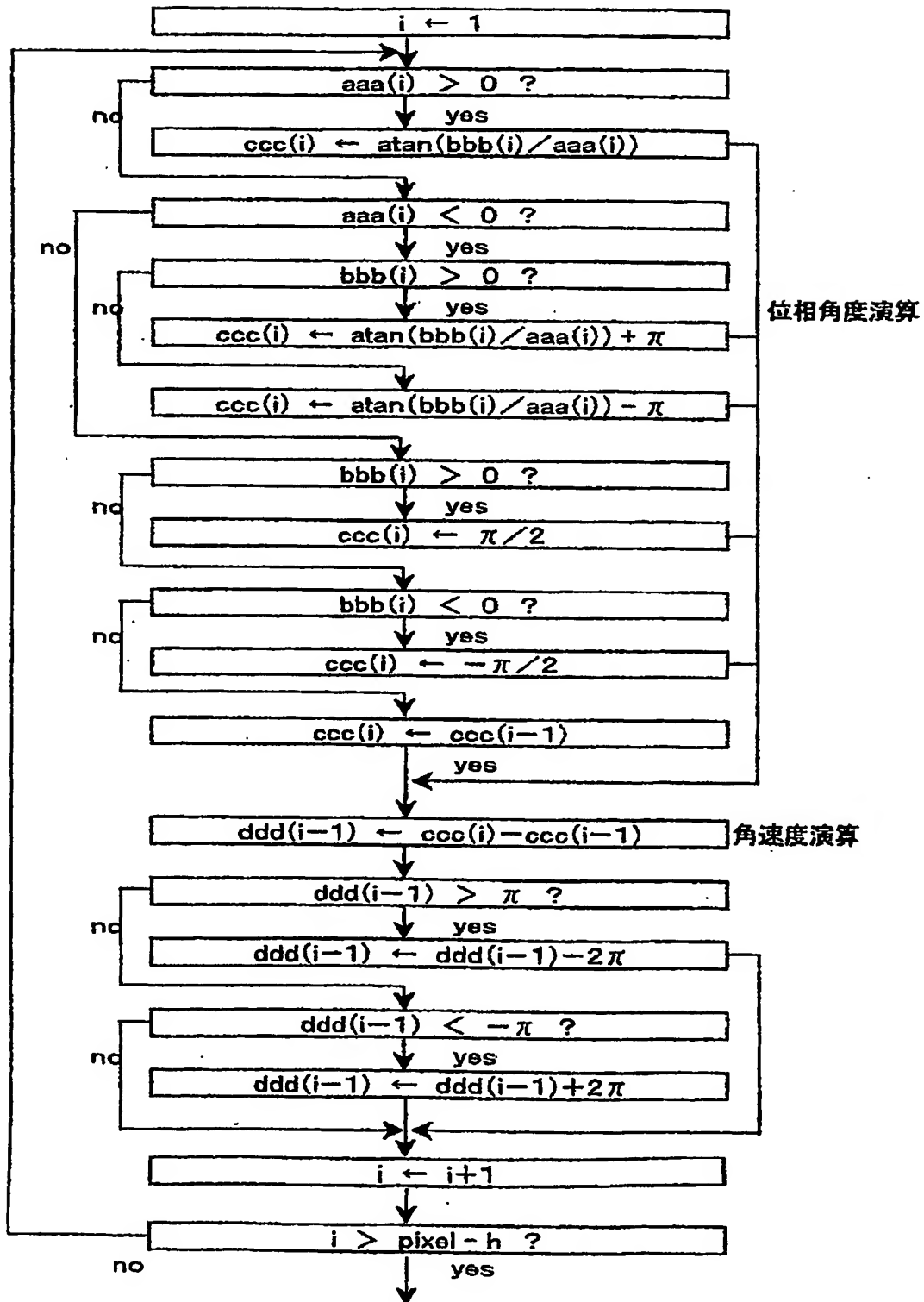
【図 13】

## ステップ2 A相、B相のサイン波の生成

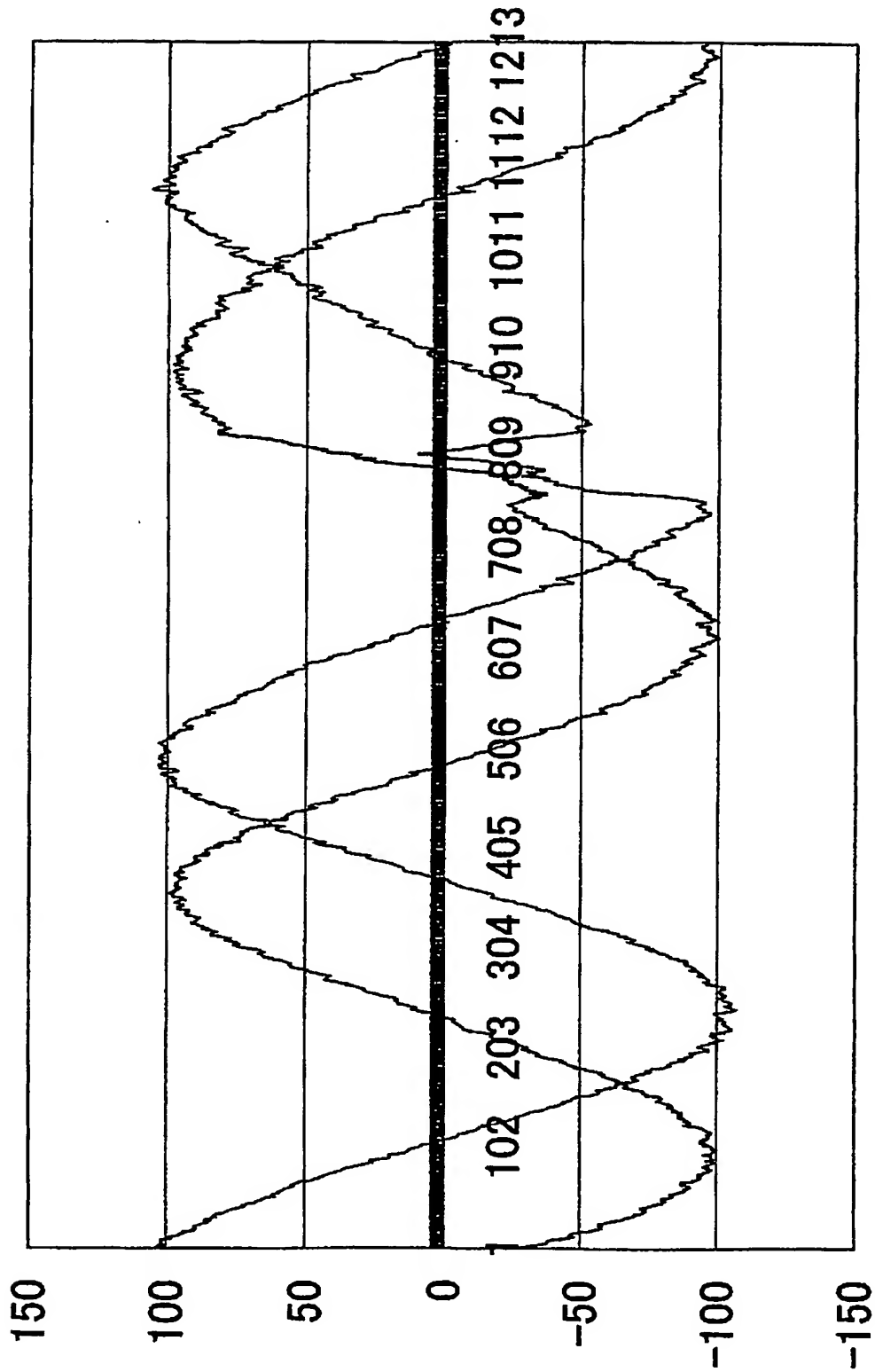


【図 14】

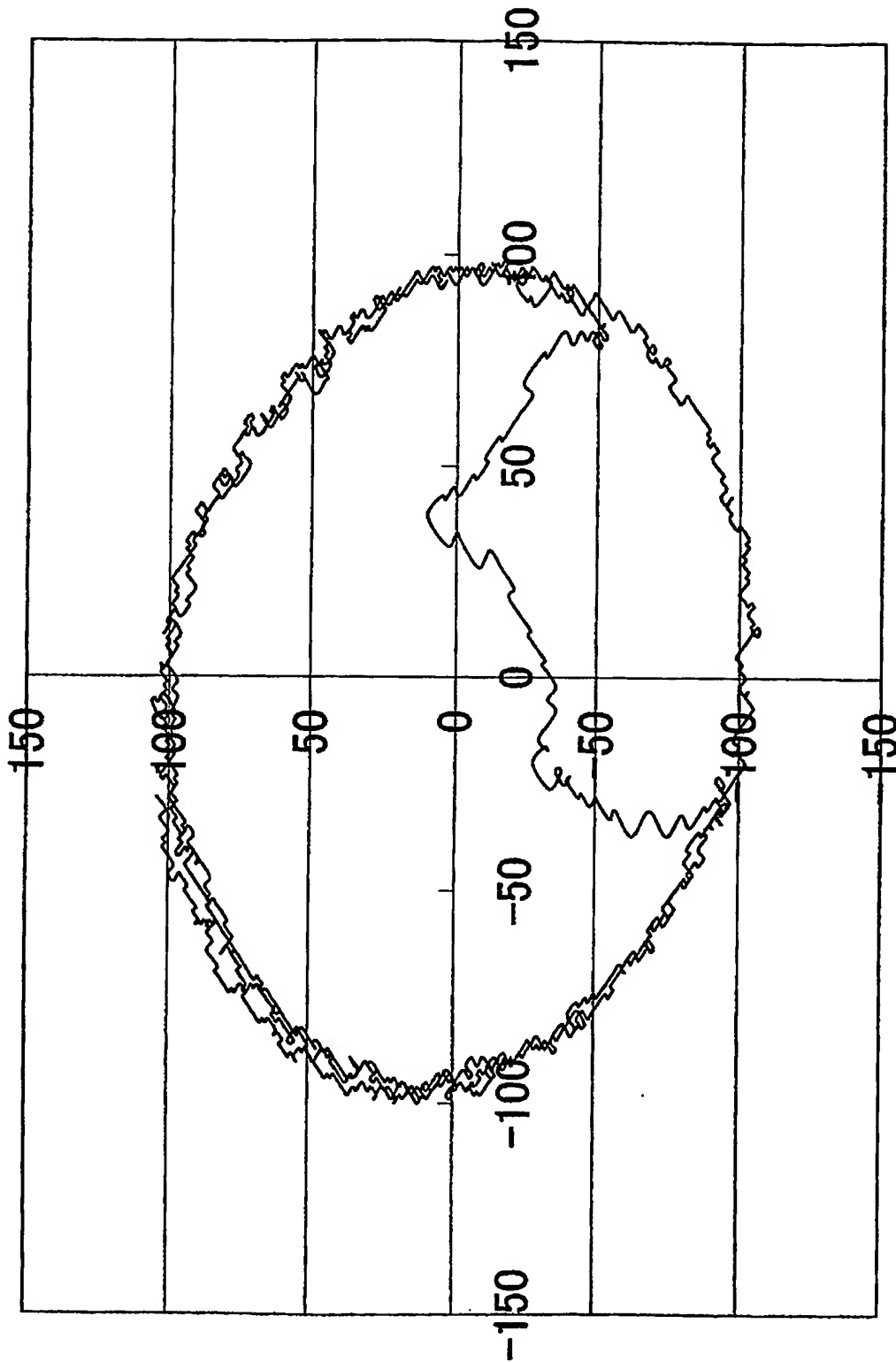
## ステップ3 位相角度、角速度の演算



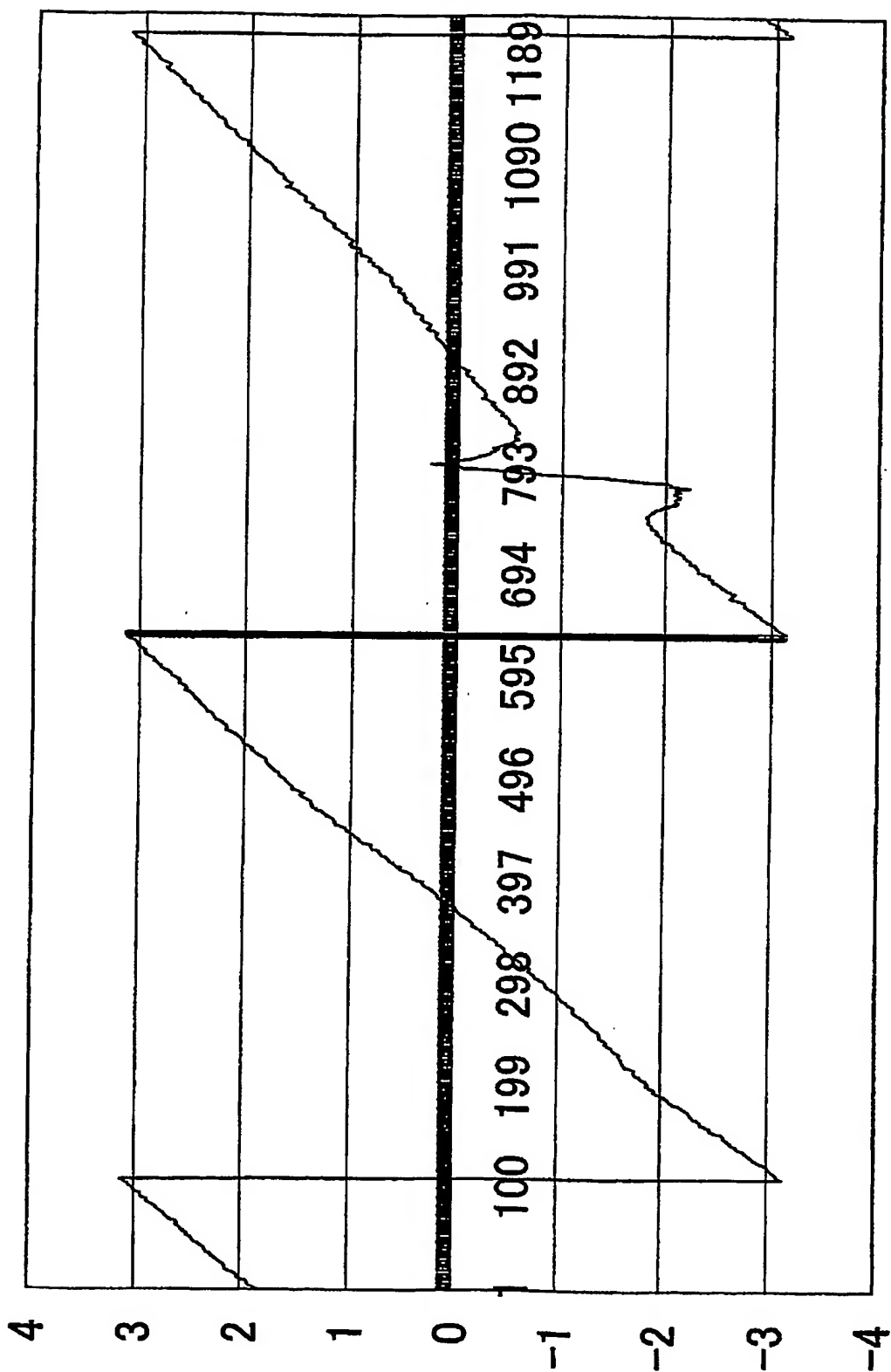
【図 15】



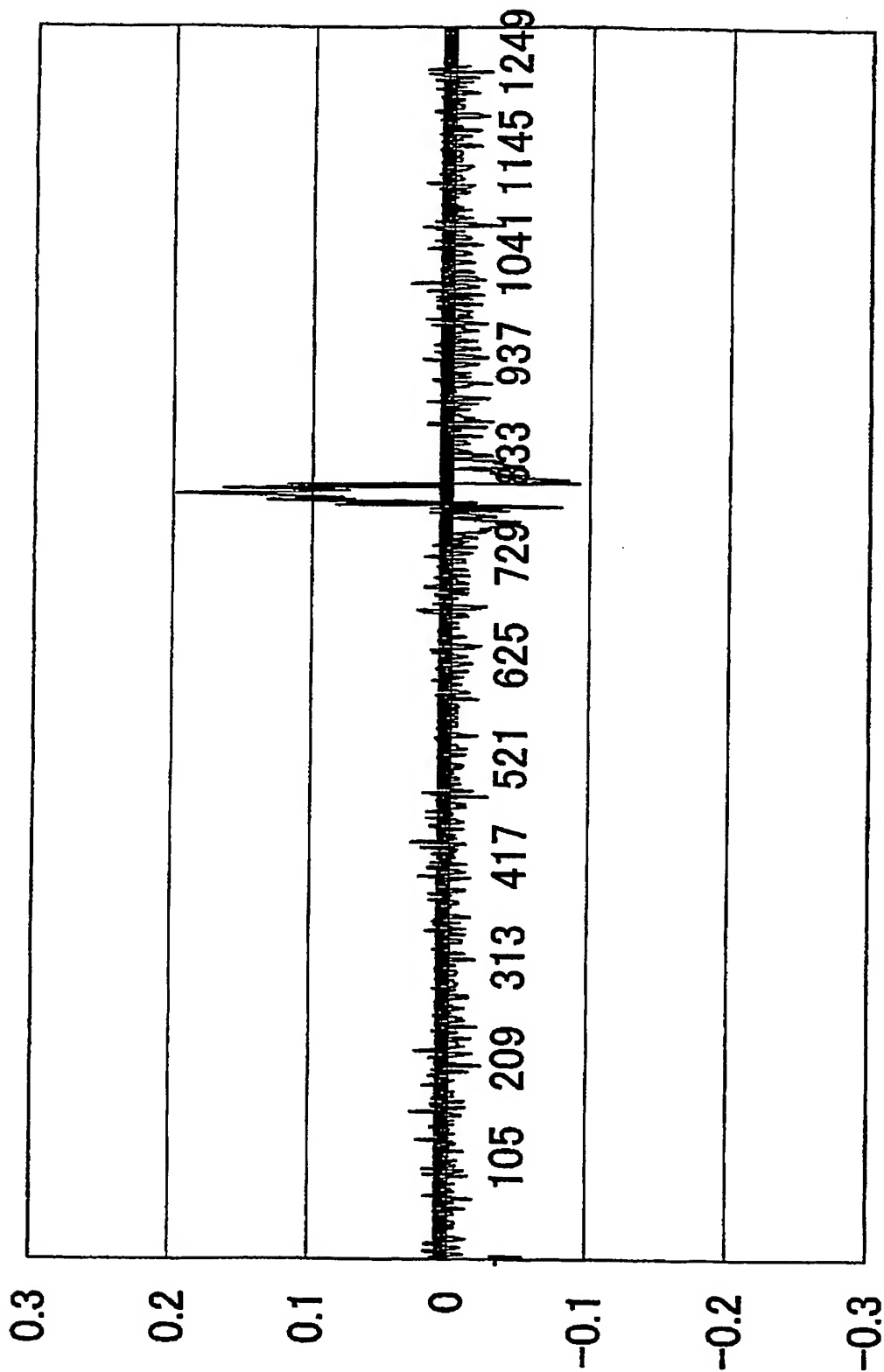
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 透明板状体を透過する光の光学的歪みの評価装置および方法を提供する。

【解決手段】 撮像手段 4 により、ガラス板 3 を通してグリッドパターン 2 を撮像するにあたり、 $n$  個のグリッド（明部と暗部のペア）に対して  $4n \pm \alpha$  個の CD 画素を対応させて  $\alpha$  個のモアレ縞を発生させる。この状態で撮像された画像のグレーデータに基づいて、A 相の正弦波と、この A 相から  $90^\circ$  位相のずれた B 相の正弦波とを生成し、これら A 相および B 相の正弦波からリサージュ図形上での各画素の位相角度を算出し、それぞれの画素の位相角度の差分である位相角速度に基づいて屈折力を算出する。

【選択図】 図 1



【書類名】 出願人名義変更届  
【整理番号】 P02042  
【提出日】 平成15年12月 3日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 特願2002-381004  
【承継人】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市西淀川区歌島 2-1-5  
    【氏名又は名称】 株式会社ナノスコープ  
    【代表者】 田中 一行  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100086645  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 岩佐 義幸  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 000435  
    【納付金額】 4,200円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 包括委任状 1  
    【援用の表示】 平成15年12月3日提出の包括委任状を援用する。

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-381004
受付番号	50301993003
書類名	出願人名義変更届
担当官	塩原 啓三 2404
作成日	平成16年 3月23日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【承継人】

【識別番号】	503429939
【住所又は居所】	大阪府大阪市西淀川区歌島2丁目1番5号
【氏名又は名称】	株式会社 ナノスコープ

## 【承継人代理人】

【識別番号】	100086645
【住所又は居所】	東京都千代田区東神田2丁目10番17号 IN ビル 岩佐特許事務所
【氏名又は名称】	岩佐 義幸

額 2 0 0 2 - 3 8 1 0 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 0 0 8 ]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 1 2 月 1 4 日

[変更理由]

住所変更

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号

氏 名

日本板硝子株式会社

項 2 0 0 2 - 3 8 1 0 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 3 0 1 1 4 6 8 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 2 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市伏見区竹田浄菩提院町 3 0 1 番地

氏 名

有限会社ナノスコープ

2002-381004

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[503429939]

1. 変更年月日

2003年11月21日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市西淀川区歌島2丁目1番5号

氏 名

株式会社 ナノスコープ